



**TUGAS AKHIR - SS 145561**

**PERAMALAN JUMLAH PENUMPANG DAN  
BARANG DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL  
JUANDA DAN PELABUHAN TANJUNG PERAK  
MENGUNAKAN MODEL *HYBRID* ARIMAX DAN  
*DEEP LEARNING NEURAL NETWORKS***

**BELLA PUSPA DEWANI  
NRP 06211 64500 0024**

**Dosen Pembimbing  
Dr. Suhartono  
Muhammad Sjahid Akbar, M.Si**

**Program Studi Sarjana  
Departemen Statistika  
Fakultas Matematika, Komputasi dan Sains Data  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018**





**TUGAS AKHIR - SS 145561**

**PERAMALAN JUMLAH PENUMPANG DAN  
BARANG DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL  
JUANDA DAN PELABUHAN TANJUNG PERAK  
MENGUNAKAN MODEL *HYBRID* ARIMAX DAN  
*DEEP LEARNING NEURAL NETWORKS***

**BELLA PUSPA DEWANI  
NRP 06211 6450 0024**

**Dosen Pembimbing  
Dr. Suhartono  
Muhammad Sjahid Akbar, M.Si**

**PROGRAM STUDI SARJANA  
DEPARTEMEN STATISTIKA  
Fakultas Matematika, Komputasi dan Sains Data  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018**





**FINAL PROJECT - SS 145561**

**FORECASTING NUMBERS OF PASSENGERS  
AND GOODS AT JUANDA INTERNATIONAL  
AIRPORT AND TANJUNG PERAK PORT USING  
HYBRID ARIMAX AND DEEP LEARNING  
NEURAL NETWORKS**

**BELLA PUSPA DEWANI  
SN 06211 6450 0024**

**Supervisors  
Dr. Suhartono  
Muhammad Sjahid Akbar, M.Si**

**UNDERGRADUATE PROGRAM  
DEPARTMENT OF STATISTICS  
Faculty of Mathematics, Computing, and Data Science  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018**



## LEMBAR PENGESAHAN

### PERAMALAN JUMLAH PENUMPANG DAN BARANG DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL JUANDA DAN PELABUHAN TANJUNG PERAK MENGUNAKAN MODEL *HYBRID* ARIMAX DAN *DEEP LEARNING NEURAL NETWORKS*

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains

Pada

Program Studi Sarjana Departemen Statistika  
Fakultas Matematika, Komputasi, dan Sains Data  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**Bella Puspa Dewani**  
NRP. 062116 4500 0024

Disetujui oleh Pembimbing:

**Dr. Suhartono**

NIP. 19710929 199512 1 001

**Muhammad Sjahid Akbar, M.Si**

NIP. 19720705 199802 1 001



Mengetahui,  
Kepala Departemen

**Dr. Suhartono**

NIP. 19710929 199512 1 001

SURABAYA, JULI 2018





# **PERAMALAN JUMLAH PENUMPANG DAN BARANG DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL JUANDA DAN PELABUHAN TANJUNG PERAK MENGGUNAKAN MODEL *HYBRID* ARIMAX DAN *DEEP LEARNING NEURAL NETWORKS***

**Nama Mahasiswa : Bella Puspa Dewani**  
**NRP : 062116 4500 0024**  
**Departemen : Statistika FMKSD ITS**  
**Dosen Pembimbing : Dr. Suhartono**  
**Muhammad Sjahid Akbar, M.Si**

## **Abstrak**

*Arus penumpang dan barang di Bandar Udara Internasional Juanda dan Pelabuhan Tanjung Perak cenderung fluktuatif dan tidak menentu. Oleh karena itu diperlukan pengetahuan akan keadaan arus penumpang dan barang di masa depan, agar pengembangan yang dilakukan tepat dan berguna. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk memodelkan serta meramalkan jumlah penumpang dan barang di Bandar Udara Internasional Juanda dan Pelabuhan Tanjung Perak dengan membandingkan 5 model. Model tersebut antara lain model ARIMAX, FFNN, DLNN, hybrid ARIMAX-FFNN dan hybrid ARIMAX-DLNN untuk mendapatkan hasil peramalan terbaik. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistika (BPS). Data yang digunakan adalah data bulanan mulai Januari 2001 hingga Desember 2017 untuk Bandar Udara Internasional Juanda, sedangkan Pelabuhan Tanjung Perak mulai Januari 2006. Hasil penelitian menunjukkan model hybrid ARIMAX-DLNN memiliki kemampuan yang baik untuk menangkap pola data yang beragam dan menghasilkan ramalan yang baik pada data training. Namun model DLNN memiliki kemampuan yang baik dalam meramalkan data testing. Model terbaik untuk 8 variabel yang digunakan, terdapat 7 variabel dengan model terbaik yaitu model DLNN, sedangkan sisanya model hybrid ARIMAX-DLNN.*

***Kata kunci: ARIMAX, Barang, Deep Learning Neural Networks, Feed Forward Neural Networks, Hybrid, Penumpang.***

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

# **FORECASTING NUMBERS OF PASSENGERS AND GOODS AT JUANDA INTERNATIONAL AIRPORT AND TANJUNG PERAK PORT USING HYBRID ARIMAX AND DEEP LEARNING NEURAL NETWORKS MODEL**

**Student Name : Bella Puspa Dewani**  
**Student Number : 062116 4500 0024**  
**Department : Statistics**  
**Supervisors : Dr. Suhartono**  
**Muhammad Sjahid Akbar, M.Si**

## **Abstract**

*The flow of passenger and goods at Juanda International Airport and Tanjung Perak Port tend to fluctuate and uncertain. Therefore it is necessary to study the state of passenger flow and goods in the future, so that the development is properly done and useful. The aim of this research is to model and predict the number of passengers and goods at Juanda International Airport and Tanjung Perak Port by comparing 5 models. These models include ARIMAX, FFNN, DLNN, hybrid ARIMAX-FFNN and hybrid ARIMAX-DLNN to get the best forecasting results. The data used in this study is secondary data obtained from the Central Bureau of Statistics (BPS). The data used is monthly data from January 2001 to December 2017 for Juanda International Airport, while Tanjung Perak Port started in January 2006. The results show that the hybrid ARIMAX-DLNN model has good ability to capture diverse data patterns and produce good forecast on data training. But the DLNN model has a good ability to forecast data testing. The best model for 8 variables are used and there are 7 variables with the best model of the model DLNN, while the other remaining variable is hybrid model ARIMAX-DLNN.*

**Keywords:** *ARIMAX, Deep Learning Neural Networks, Feed Forward Neural Networks, Hybrid, Goods, Passenger.*

*(this page intentionally left blank)*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yesus Kristus yang telah melimpahkan kasih, hikmat, serta anugerah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir berjudul **“Peramalan Jumlah Penumpang dan Barang di Bandar Udara Internasional Juanda dan Pelabuhan Tanjung Perak Menggunakan Model *Hybrid* ARIMAX dan *Deep Learning Neural Networks*”** dengan baik dan lancar.

Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik karena bantuan, dukungan, dan peran serta dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Suhartono selaku dosen pembimbing pertama sekaligus Kepala Departemen Statistika Fakultas Matematika, Komputasi, dan Sains Data (FMKSD) ITS yang senantiasa memberi bimbingan, arahan, saran, dukungan, dan motivasi hingga terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini.
1. M. Sjahid Akbar, M.Si selaku dosen pembimbing kedua yang senantiasa memberi bimbingan, arahan, saran, dukungan, dan motivasi hingga terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini.
2. Dr. R. Mohamad Atok, M.Si dan Imam Safawi Ahmad, M.Si selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan bantuan dalam Penulis menyelesaikan Tugas Akhir.
3. Dr. Sutikno, M.Si selaku Dosen Wali sekaligus Ketua Program Studi Sarjana Departemen Statistika FMKSD ITS.
4. Orang tua, saudara, serta keluarga besar penulis yang selalu memberikan doa, kasih sayang, serta dukungan.
5. Saudara terkasih di Kelompok Kecil, Kak Iko, Gaby, Naomi, dan Ajeng atas persaudaraan dalam Kristus, keceriaan, dukungan serta doa.
6. Saudara dalam *Connect Group East Youth-97* dan *GMS Choir Gereja Mawar Sharon Surabaya* atas doa, dukungan, dan sukacita dalam Kristus.

7. Sahabat terkasih, Retty, Jeje, Risvia, Vena, Dinda, Leta, Rani, Fika dan Afifah atas dukungan, semangat, dan persahabatan.
8. Teman diskusi dalam pengerjaan Tugas Akhir, Dimas, Ayu, Firdha, Retno, Rizky, dan Izzan atas bantuan, dukungan, dan semangat.
9. Geng kompleks (Muwa, Ima, dan Wiwin) serta teman-teman Lintas Jalur Statistika angkatan 2016 atas dukungan, keceriaan dan semangat.
10. Seluruh pihak yang turut membantu dalam penyelesaian laporan Tugas Akhir ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis berharap semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat dan menambah wawasan bagi pembaca. Kritik dan saran sangat diperlukan untuk perbaikan di masa yang akan datang.

Surabaya, Juli 2018

**Penulis**

## DAFTAR ISI

|   | Halaman |
|---|---------|
| <b>HALAMAN JUDUL</b> .....  | ii      |
| <b>TITLE PAGE</b> .....   | iii     |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....  | v       |
| <b>ABSTRAK</b> .....  | vii     |
| <b>ABSTRACT</b> .....   | ix      |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....   | xi      |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....   | xiii    |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....  | xv      |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....   | xxi     |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....  | xxiii   |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b>  |         |
| 1.1 Latar Belakang .....  | 1       |
| 1.2 Rumusan Masalah .....   | 5       |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....   | 5       |
| 1.4 Manfaat .....   | 5       |
| 1.5 Batasan Masalah .....   | 6       |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>  |         |
| 2.1 Analisis <i>Time Series</i> .....   | 7       |
| 2.2 <i>Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)</i> .....                           | 7       |
| 2.3 <i>Autoregressive Integrated Moving Average with Exogeneous Variable (ARIMAX)</i> ..... | 10      |
| 2.4 Deteksi <i>Outlier</i> .....  | 10      |
| 2.5 Pengujian Linieritas .....  | 13      |
| 2.6 <i>Neural Networks (NN)</i> .....   | 13      |
| 2.7 <i>Deep Learning Neural Networks (DLNN)</i> .....                                       | 19      |
| 2.8 Model <i>Hybrid ARIMAX-DLNN</i> .....   | 20      |
| 2.9 Pemilihan Model Terbaik.....  | 21      |
| 2.10 Penumpang dan Barang .....   | 22      |
| 2.11 Statistik Sektoral .....   | 23      |
| 2.12 Pentingnya Bandara dan Pelabuhan .....   | 24      |

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

|     |                              |    |
|-----|------------------------------|----|
| 3.1 | Sumber Data .....            | 27 |
| 3.2 | Variabel Penelitian .....    | 27 |
| 3.3 | Langkah Analisis .....       | 29 |
| 3.4 | Diagram Alir Penelitian..... | 33 |

### **BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 4.1 | Karakteristik Jumlah Penumpang dan Barang .....  | 37 |
| 4.2 | Pemodelan Jumlah Penumpang dan Barang .....      | 39 |
| 4.3 | Hasil Peramalan Jumlah Penumpang dan Barang..... | 99 |

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

|     |                 |     |
|-----|-----------------|-----|
| 5.1 | Kesimpulan..... | 103 |
| 5.2 | Saran .....     | 103 |

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b> | <b>105</b> |
|-----------------------------|------------|

|                       |            |
|-----------------------|------------|
| <b>LAMPIRAN .....</b> | <b>109</b> |
|-----------------------|------------|

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| <b>BIODATA PENULIS .....</b> | <b>189</b> |
|------------------------------|------------|



## DAFTAR GAMBAR

|  | Halaman |
|--|---------|
| <b>Gambar 2.1</b> Arsitektur FFNN. ....  | 15      |
| <b>Gambar 2.2</b> Arsitektur DLNN. ....  | 20      |
| <b>Gambar 2.3</b> Bandara di Bagian Tengah dan Timur<br>Indonesia .....  | 26      |
| <b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Penelitian Secara Umum.....   | 33      |
| <b>Gambar 3.2</b> Diagram Alir Pemodelan ARIMAX .....  | 34      |
| <b>Gambar 3.3</b> Diagram Alir Pemodelan FFNN dan DLNN.....  | 35      |
| <b>Gambar 3.4</b> Diagram Alir Pemodelan <i>Hybrid</i> .....   | 36      |
| <b>Gambar 4.1</b> <i>Plot Time Series</i> Jumlah Penumpang dan<br>Barang di Bandar Udara Internasional<br>Juanda.....  | 38      |
| <b>Gambar 4.2</b> <i>Plot Time Series</i> Jumlah Penumpang dan<br>Barang di Pelabuhan Tanjung Perak .....  | 39      |
| <b>Gambar 4.3</b> <i>Time Series Plot In-Sample</i> Jumlah<br>Penumpang Keberangkatan Domestik .....   | 40      |
| <b>Gambar 4.4</b> <i>Plot Time Series</i> Perbandingan Data <i>Training</i><br>dan <i>Testing</i> dengan Data Asli Model ARIMAX<br>Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan<br>Domestik ..... | 43      |
| <b>Gambar 4.5</b> Grafik Nilai RMSE dan RMSEP Serta MAPE<br>dan MAPEP Model FFNN Pada Jumlah<br>Penumpang Keberangkatan Domestik .....   | 45      |
| <b>Gambar 4.6</b> Arsitektur FFNN (24,2,1) Pada Jumlah<br>Penumpang Keberangkatan Domestik .....   | 46      |
| <b>Gambar 4.7</b> <i>Plot Time Series</i> Perbandingan Data <i>Training</i><br>dan <i>Testing</i> dengan Data Asli Model FFNN<br>Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan<br>Domestik .....   | 47      |
| <b>Gambar 4.8</b> Arsitektur <i>Hybrid</i> ARIMAX-FFNN (24,1,1)<br>Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan<br>Domestik .....   | 48      |
| <b>Gambar 4.9</b> <i>Plot Time Series</i> Perbandingan Data <i>Training</i><br>dan <i>Testing</i> dengan Data Asli Model <i>Hybrid</i>   |         |

|                    |  |    |
|--------------------|--|----|
|                    | ARIMAX-FFNN (24,1,1) Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan Domestik .....  | 49 |
| <b>Gambar 4.10</b> | Arsitektur <i>Hybrid</i> ARIMAX-FFNN (8,8,1) Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan Domestik .....  | 50 |
| <b>Gambar 4.11</b> | <i>Plot Time Series</i> Perbandingan Data <i>Training</i> dan <i>Testing</i> dengan Data Asli Model <i>Hybrid</i> ARIMAX-FFNN (8,8,1) Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan Domestik ..... | 51 |
| <b>Gambar 4.12</b> | Arsitektur DLNN (24,2,1,1) Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan Domestik .....  | 52 |
| <b>Gambar 4.13</b> | <i>Plot Time Series</i> Perbandingan Data <i>Training</i> dan <i>Testing</i> dengan Data Asli Model DLNN (24,2,1,1) Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan Domestik .....                   | 53 |
| <b>Gambar 4.14</b> | Arsitektur <i>Hybrid</i> ARIMAX-DLNN (24,10,9,1) Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan Domestik .....  | 57 |
| <b>Gambar 4.15</b> | <i>Plot Time Series</i> Perbandingan Data <i>Training</i> dan <i>Testing</i> dengan Data Asli <i>Hybrid</i> ARIMAX-DLNN (24,10,9,1) Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan Domestik .....   | 58 |
| <b>Gambar 4.16</b> | Arsitektur <i>Hybrid</i> ARIMAX-DLNN (8,10,3,1) Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan Domestik .....   | 58 |
| <b>Gambar 4.17</b> | <i>Plot Time Series</i> Perbandingan Data <i>Training</i> dan <i>Testing</i> dengan Data Asli <i>Hybrid</i> ARIMAX-DLNN (8,10,3,1) Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan Domestik .....    | 60 |
| <b>Gambar 4.18</b> | Grafik Nilai RMSE dan RMSEP Serta MAPE dan MAPEP Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan Domestik .....  | 61 |
| <b>Gambar 4.19</b> | Grafik Nilai RMSE dan RMSEP Serta MAPE dan MAPEP Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan Internasional.....  | 64 |

|                    |   |    |
|--------------------|---|----|
| <b>Gambar 4.20</b> | Arsitektur DLNN (54,10,3,1) Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan Internasional .....   | 64 |
| <b>Gambar 4.21</b> | <i>Plot Time Series</i> Perbandingan Data <i>Training</i> dan <i>Testing</i> dengan Data Asli DLNN (54,10,3,1) Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan Internasional .....            | 68 |
| <b>Gambar 4.22</b> | Grafik Nilai RMSE dan RMSEP Serta MAPE dan MAPEP Pada Jumlah Barang Yang Dimuat Pada Penerbangan Domestik .....   | 71 |
| <b>Gambar 4.23</b> | <i>Plot Time Series</i> Perbandingan Data <i>Training</i> dan <i>Testing</i> dengan Data Asli DLNN (26,3,7,1) Pada Jumlah Barang Yang Dimuat Pada Penerbangan Domestik.....       | 72 |
| <b>Gambar 4.24</b> | Arsitektur DLNN (26,3,7,1) Pada Jumlah Barang Yang Dimuat Pada Penerbangan Domestik .....   | 73 |
| <b>Gambar 4.25</b> | Grafik Nilai RMSE dan RMSEP Serta MAPE dan MAPEP Pada Jumlah Barang Yang Dimuat Pada Penerbangan Internasional.....   | 76 |
| <b>Gambar 4.26</b> | Arsitektur DLNN (18,3,7,1) Pada Jumlah Barang Yang Dimuat Pada Penerbangan Internasional .....  | 76 |
| <b>Gambar 4.27</b> | <i>Plot Time Series</i> Perbandingan Data <i>Training</i> dan <i>Testing</i> dengan Data Asli DLNN (18,3,7,1) Pada Jumlah Barang Yang Dimuat Pada Penerbangan Internasional ..... | 77 |
| <b>Gambar 4.28</b> | Grafik Nilai RMSE dan RMSEP Serta MAPE dan MAPEP Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan Dalam Negeri .....   | 80 |
| <b>Gambar 4.29</b> | Arsitektur DLNN (21,7,1,1) Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan Dalam Negeri .....   | 81 |
| <b>Gambar 4.30</b> | <i>Plot Time Series</i> Perbandingan Data <i>Training</i> dan <i>Testing</i> dengan Data Asli DLNN (21,7,1,1) Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan Dalam Negeri.....               | 82 |

|                    |   |    |
|--------------------|---|----|
| <b>Gambar 4.31</b> | Grafik Nilai RMSE dan RMSEP Serta MAPE dan MAPEP Pada Jumlah Penumpang Kedatangan Dalam Negeri .....  | 88 |
| <b>Gambar 4.32</b> | Arsitektur DLNN (24,2,3,1) Pada Jumlah Penumpang Kedatangan Dalam Negeri .....  | 85 |
| <b>Gambar 4.33</b> | <i>Plot Time Series</i> Perbandingan Data <i>Training</i> dan <i>Testing</i> dengan Data Asli DLNN (24,2,3,1) Pada Jumlah Penumpang Kedatangan Dalam Negeri.....  | 86 |
| <b>Gambar 4.34</b> | Grafik Nilai RMSE dan RMSEP Serta MAPE dan MAPEP Pada Jumlah Barang Dalam Negeri Yang Dibongkar .....   | 89 |
| <b>Gambar 4.35</b> | Arsitektur DLNN (8,10,6,1) Pada Jumlah Barang Dalam Negeri Yang Dibongkar .....   | 89 |
| <b>Gambar 4.36</b> | <i>Plot Time Series</i> Perbandingan Data <i>Training</i> dan <i>Testing</i> dengan Data Asli DLNN (8,10,6,1) Pada Jumlah Barang Dalam Negeri Yang Dibongkar..... | 91 |
| <b>Gambar 4.37</b> | Grafik Nilai RMSE dan RMSEP Serta MAPE dan MAPEP Pada Jumlah Barang Dalam Negeri Yang Dimuat .....  | 93 |
| <b>Gambar 4.38</b> | Arsitektur DLNN (12,5,9,1) Pada Jumlah Barang Dalam Negeri Yang Dimuat .....  | 95 |
| <b>Gambar 4.39</b> | <i>Plot Time Series</i> Perbandingan Data <i>Training</i> dan <i>Testing</i> dengan Data Asli DLNN (8,10,6,1) Pada Jumlah Barang Dalam Negeri Yang Dimuat.....    | 96 |
| <b>Gambar 4.40</b> | Rasio RMSE, RMSEP, MAPEP, dan MAPEP Terhadap ARIMAX .....   | 96 |
| <b>Gambar 4.41</b> | Perbandingan Nilai RMSE Pada 5 Model di Bandar Udara Internasional Juanda.....  | 98 |
| <b>Gambar 4.42</b> | Perbandingan Nilai RMSE Pada 5 Model di Pelabuhan Tanjung Perak.....  | 99 |

|                    |  |     |
|--------------------|--|-----|
| <b>Gambar 4.43</b> | <i>Time Series Plot</i> Hasil Peramalan Jumlah Penumpang dan Barang di Bandar Udara Internasional Juanda Tahun 2018..... | 100 |
| <b>Gambar 4.44</b> | <i>Time Series Plot</i> Hasil Peramalan Jumlah Penumpang dan Barang di Pelabuhan Tanjung Perak Tahun 2018 .....          | 101 |

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR TABEL

|  | Halaman |
|--|---------|
| <b>Tabel 3.1</b> Variabel Penelitian Untuk Bandar Udara Internasional Juanda .....                               | 28      |
| <b>Tabel 3.2</b> Variabel Penelitian Untuk Pelabuhan Tanjung Perak .....   | 28      |
| <b>Tabel 3.3</b> Variabel <i>Dummy</i> .....   | 28      |
| <b>Tabel 3.4</b> Struktur Data Untuk Bandar Udara Internasional Juanda .....                                     | 29      |
| <b>Tabel 3.5</b> Struktur Data Untuk Pelabuhan Tanjung Perak .....   | 29      |
| <b>Tabel 4.1</b> Karakteristik Jumlah Penumpang dan Barang di Bandara Juanda .....                               | 37      |
| <b>Tabel 4.2</b> Karakteristik Jumlah Penumpang dan Barang di Pelabuhan Tanjung Perak .....                      | 38      |
| <b>Tabel 4.3</b> Estimasi Parameter Model ARIMAX Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan Domestik .....              | 42      |
| <b>Tabel 4.4</b> Hasil Uji Residual Model ARIMAX Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan Domestik .....              | 43      |
| <b>Tabel 4.5</b> Hasil Uji <i>White</i> .....  | 44      |
| <b>Tabel 4.6</b> Nilai RMSE dan MAPE Pada 5 Model Jumlah Penumpang Keberangkatan Domestik .....                  | 60      |
| <b>Tabel 4.7</b> Nilai RMSE dan MAPE Pada 5 Model Jumlah Penumpang Keberangkatan Internasional .....             | 63      |
| <b>Tabel 4.8</b> Nilai RMSE dan MAPE Pada 5 Model Jumlah Barang yang Dimuat Pada Penerbangan Domestik .....      | 71      |
| <b>Tabel 4.9</b> Nilai RMSE dan MAPE Pada 5 Model Jumlah Barang yang Dimuat Pada Penerbangan Internasional ..... | 75      |
| <b>Tabel 4.10</b> Nilai RMSE dan MAPE Pada 5 Model Jumlah Penumpang Keberangkatan Dalam Negeri .....             | 79      |
| <b>Tabel 4.11</b> Nilai RMSE dan MAPE Pada 5 Model Jumlah Penumpang Kedatangan Dalam Negeri .....                | 84      |
| <b>Tabel 4.12</b> Nilai RMSE dan MAPE Pada 5 Model Jumlah Barang Dalam Negeri Yang Dibongkar .....               | 88      |

|                   |   |    |
|-------------------|---|----|
| <b>Tabel 4.13</b> | Nilai RMSE dan MAPE Pada 5 Model Jumlah<br>Barang Dalam Negeri Yang Dimuat..... | 93 |
|-------------------|---|----|



## DAFTAR LAMPIRAN

|  | Halaman |
|--|---------|
| <b>Lampiran 1.</b> Data Jumlah Penumpang dan Barang di Bandar Udara Internasional Juanda .....                                   | 109     |
| <b>Lampiran 2.</b> Data Jumlah Penumpang dan Barang di Pelabuhan Tanjung Perak .....   | 110     |
| <b>Lampiran 3.</b> Pemodelan Jumlah Penumpang Keberangkatan Domestik di Bandar Udara Internasional Juanda .....                  | 111     |
| <b>Lampiran 4.</b> <i>Syntax</i> Program R Pemodelan Nonlinier .....   | 115     |
| <b>Lampiran 5.</b> Pemodelan Jumlah Penumpang Keberangkatan Internasional di Bandar Udara Internasional Juanda.....              | 124     |
| <b>Lampiran 6.</b> Pemodelan Jumlah Barang Yang Dimuat Pada Penerbangan Domestik di Bandar Udara Internasional Juanda.....       | 133     |
| <b>Lampiran 7.</b> Pemodelan Jumlah Barang Yang Dimuat Pada Penerbangan Internasional di Bandar Udara Internasional Juanda ..... | 142     |
| <b>Lampiran 8.</b> Pemodelan Jumlah Penumpang Keberangkatan Dalam Negeri di Pelabuhan Tanjung Perak.....                         | 151     |
| <b>Lampiran 9.</b> Pemodelan Jumlah Penumpang Kedatangan Dalam Negeri di Pelabuhan Tanjung Perak.....                            | 159     |
| <b>Lampiran 10.</b> Pemodelan Jumlah Barang Dalam Negeri Yang Dibongkar di Pelabuhan Tanjung Perak .....                         | 167     |
| <b>Lampiran 11.</b> Pemodelan Jumlah Barang Dalam Negeri Yang Dimuat di Pelabuhan Tanjung Perak.....                             | 175     |
| <b>Lampiran 12.</b> Hasil Uji <i>White</i> .....   | 183     |
| <b>Lampiran 13.</b> <i>Syntax</i> Program R untuk Peramalan dengan Model DLNN.....   | 185     |
| <b>Lampiran 14.</b> <i>Syntax</i> Program R untuk Peramalan dengan Model Hybrid ARIMAX-DLNN .....                                | 185     |

|                     |   |     |
|---------------------|---|-----|
| <b>Lampiran 15.</b> | Surat Pernyataan Data Tugas Akhir ..... | 187 |
|---------------------|---|-----|

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Transportasi berfungsi sebagai sarana bagi manusia atau barang untuk dapat berpindah dari suatu tempat ke tempat lain secara efisien setiap waktu untuk mendukung aktivitas manusia dan telah menjadi kebutuhan dasar masyarakat. Peran transportasi sebagai penghubung memiliki dampak yang besar dan dapat langsung dirasakan masyarakat. Sebagai Negara maritim, Indonesia memiliki potensi industri maritim yang besar dilihat luas laut Indonesia kurang lebih 5,8 juta km<sup>2</sup> dengan jumlah pulau sebanyak 17.508 pulau (Sumadi, 2017). Potensi yang dimiliki Indonesia selain harus didukung dengan sistem transportasi yang handal, juga didukung dengan fasilitas prasarana transportasi yang memadai.

Sepanjang tahun 2017, PT. Angkasa Pura I (Persero) sudah melayani 89,7 juta penumpang, mengalami peningkatan sekitar 5,9 persen jika dibandingkan dengan tahun sebelumnya dari 13 bandara yang dikelola. Bandar Udara Internasional Juanda merupakan salah satu bandara tersibuk di Indonesia selain Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta, dimana selalu terjadi kenaikan jumlah penumpang tiap tahunnya. Bandar Udara Internasional Juanda memiliki trafik pergerakan pesawat tertinggi kedua yang melayani 148,73 ribu pergerakan pesawat atau meningkat 0,09 persen jika dibandingkan dengan tahun sebelumnya yang mencapai 148,59 ribu pergerakan pesawat. Selain itu, trafik kargo tertinggi kedua juga terjadi di Bandar Udara Internasional Juanda yang melayani 97,65 juta kilogram atau tumbuh 1,4 persen jika dibandingkan pada tahun sebelumnya (Senja, 2018). Total keberangkatan penumpang domestik tahun 2017 mencapai 7,9 juta penumpang (Badan Pusat Statistik, 2018), sedangkan kapasitas Bandar Udara sebesar 6 juta penumpang pertahun pada Terminal I (Yustinian, 2014).

Pelabuhan Tanjung Perak merupakan pelabuhan yang menjadi gerbang utama arus logistik ke Indonesia bagian timur. Pelabuhan tersebut melayani rute pelayaran domestik dan juga melayani bongkar muat peti kemas ekspor impor. Selain itu, wisatawan Asia mulai melirik Indonesia sebagai tujuan perjalanan wisata menggunakan kapal pesiar dan Surabaya menjadi salah satu pilihan perjalanan mereka. Pelabuhan Tanjung Perak menjadi pilihan karena memiliki perairan 14 meter yang memudahkan kapal pesiar untuk bersandar. Hal tersebut menjadikan pasar tersendiri bagi perekonomian Surabaya (Faizal, 2018). Aktivitas Pelabuhan Tanjung Perak yang padat, tak hanya arus penumpang, proses bongkar muat membuat *dwelling time* sepanjang tahun 2017 untuk jalur merah 8,09 hari dan untuk jalur hijau 3,96 hari. Pemerintah telah melakukan berbagai usaha untuk menurunkan *dwelling time* tersebut (Tri, 2018).

Arus penumpang dan barang baik di Bandar Udara Internasional Juanda dan Pelabuhan Tanjung Perak cenderung fluktuatif dan tidak menentu. Arus keberangkatan penumpang domestik maupun internasional di Bandar Udara Internasional Juanda cenderung memiliki trend naik, dengan beberapa pola musiman pada bulan Idul Fitri serta akhir tahun pada Natal dan Tahun Baru. Sedangkan arus keberangkatan dan kedatangan penumpang Pelabuhan Tanjung Perak memiliki pola musiman pada bulan Idul Fitri, dimana selalu terjadi lonjakan penumpang pada bulan tersebut. Selain arus penumpang, arus barang pada bandara dan pelabuhan tersebut juga terjadi fluktuasi yang signifikan. Hal tersebut dapat mempengaruhi pemerintah dalam mengembangkan kedua prasarana transportasi tersebut. Oleh karena itu diperlukan pengetahuan akan keadaan arus penumpang dan barang di masa depan, agar pengembangan yang dilakukan tepat dan berguna. Salah satu cara mengetahui arus penumpang dan barang di Bandar Udara Internasional Juanda dan Pelabuhan Tanjung Perak adalah dengan menggunakan *forecasting*. Zhang (2003) menyatakan *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA), salah satu pemodelan *time series* yang sering

digunakan untuk prediksi. Model ARIMA cenderung mampu menangkap pola *time series*, namun merupakan model linier dan tidak mampu menangkap pola nonlinier. *Artificial Neural Networks* (ANN) sering digunakan dalam *time series* untuk prediksi dan mampu menangkap pola nonlinier.

Penelitian mengenai peramalan jumlah penumpang Bandar Udara dan Pelabuhan telah banyak dilakukan. Huda, Kuswanto, & Suhartono (2014) telah melakukan penelitian berupa peramalan jumlah frekuensi penumpang pesawat terbang domestik di Bandar Udara Internasional Juanda dengan menggunakan metode ARIMA dan Fungsi Transfer dengan hasil bahwa model terbaik untuk meramalkan jumlah frekuensi penumpang pesawat terbang domestik adalah model ARIMA. Selain itu, Iqbalullah (2014) melakukan penelitian berupa peramalan jumlah penumpang pesawat terbang di Pintu Kedatangan Bandar Udara Internasional Lombok dengan Metode ARIMA *Box-Jenkins*, ARIMAX dan Regresi *Time Series* dengan hasil model terbaik untuk meramalkan yaitu model ARIMA. Penelitian mengenai peramalan jumlah penumpang Pelabuhan telah dilakukan oleh Irwansyah, Gamal, & Bustami (2015) yang meramalkan total keberangkatan penumpang pelayaran dalam negeri di 5 pelabuhan utama di Indonesia dengan menggunakan metode Holt-Winters yang memperhatikan efek Lebaran. Selain itu, penelitian lain telah dilakukan oleh Fannani (2017) yang meramalkan jumlah keberangkatan penumpang pelayaran dalam negeri dari pelabuhan tanjung perak menggunakan ARIMA *Box-Jenkins* dengan hasil prediksi lonjakan penumpang terjadi pada bulan Juli dan Agustus 2017 yang dipengaruhi oleh hari raya Idul Fitri 1438 H.

ARIMA dan ANN dapat dikombinasikan menjadi bentuk model *hybrid* untuk mendapatkan performa prediksi yang lebih baik seperti yang dilakukan oleh Zhang (2003), dimana model *hybrid* sangat efektif untuk meningkatkan akurasi dalam prediksi dibandingkan dengan model ARIMA atau ANN secara terpisah. Model *hybrid* memiliki kemampuan yang baik dalam menangkap pola linier melalui model ARIMA dan menangkap pola nonlinier

melalui ANN. Selain *hybrid* ARIMA-ANN, model *hybrid* ARIMA dan DLNN untuk memprediksi telah dilakukan oleh Hirata, Kuremoto, Obayashi, Mabu, & Kobayashi (2015), dimana DLNN merupakan ANN dengan jumlah *hidden layer* lebih dari satu. Penelitian menggunakan DLNN dalam *time series* telah banyak dilakukan, antara lain penelitian dari Zhu, Zhu, Han, & Wang (2017) yang melakukan prediksi jarak pandang dalam Bandar Udara Internasional Urumqi menggunakan DLNN, selain itu He (2017) melakukan penelitian berupa prediksi beban listrik menggunakan DLNN, dan penelitian dari Lv, Duan, Kang, Li, & Wang (2015) melakukan prediksi arus lalu lintas dengan *big data* dengan pendekatan DLNN. Namun tidak selalu model kompleks mampu menghasilkan akurasi yang baik. Hal tersebut seperti yang dinyatakan Makridakis dan Hibon (2000) dalam Kompetisi M3, dimana model kompleks tidak selalu meningkatkan akurasi dan lebih baik dibandingkan model sederhana. Oleh karena itu diperlukan perbandingan metode untuk meramalkan agar didapatkan ramalan terbaik. Perbandingan metode tersebut telah dilakukan oleh Makridakis, dkk (2010) dalam Kompetisi M3 serta Makridakis, Spiliotis, dan Assimakoloupus (2018) dalam Kompetisi M4.

Pada penelitian ini akan dilakukan peramalan mengenai jumlah penumpang dan barang di Bandar Udara Internasional Juanda dan Pelabuhan Tanjung Perak dengan membandingkan 5 model, yaitu model ARIMAX, model *Feed Forward Neural Networks* (FFNN), model DLNN dengan 2 *hidden layer*, model *hybrid* ARIMAX-FFNN dan model *hybrid* ARIMAX-DLNN untuk mendapatkan hasil prediksi terbaik. Kombinasi metode yang digunakan untuk meningkatkan nilai akurasi terhadap hasil ramalan, dimana ARIMAX mampu menangkap pola linier dengan penambahan variabel eksogen dan model FFNN serta DLNN yang mampu menangkap pola nonlinier. Diharapkan hasil penelitian berupa informasi prediksi jumlah penumpang dan barang di Bandar Udara Internasional Juanda dan Pelabuhan Tanjung Perak dapat membantu pemerintah dalam melakukan

pengembangan Bandar Udara Internasional Juanda dan Pelabuhan Tanjung Perak.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka permasalahan yang dirumuskan dalam penelitian ini adalah bagaimana prediksi jumlah penumpang dan barang di Bandar Udara Internasional Juanda dan Pelabuhan Tanjung Perak?

## **1.3 Tujuan**

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendeskripsikan jumlah penumpang dan barang di Bandar Udara Internasional Juanda dan Pelabuhan Tanjung Perak.
2. Menentukan model peramalan terbaik dengan membandingkan model ARIMAX, model FFNN, model DLNN dengan 2 *hidden layer*, model *hybrid* ARIMAX-FFNN dan model *hybrid* ARIMAX-DLNN untuk memprediksi jumlah penumpang dan barang di Bandar Udara Internasional Juanda dan Pelabuhan Tanjung Perak.
3. Memperoleh hasil prediksi jumlah penumpang dan barang di Bandar Udara Internasional Juanda dan Pelabuhan Tanjung Perak.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini bagi PT Angkasa Pura I dan PT Pelabuhan Indonesia III, diharapkan dapat memberikan informasi hasil prediksi jumlah penumpang dan barang di Bandar Udara Internasional Juanda dan Pelabuhan Tanjung Perak yang diharapkan dapat menjadi salah satu bahan pertimbangan dalam pengembangan bandara dan pelabuhan.

## **1.5 Batasan Masalah**

Batasan yang digunakan dalam penelitian ini untuk Bandar Udara Internasional Juanda menggunakan data jumlah

penumpang keberangkatan dan jumlah barang yang dimuat pada penerbangan domestik dan internasional, sedangkan data jumlah penumpang kedatangan dan jumlah barang yang dibongkar tidak digunakan. Pada Pelabuhan Tanjung Perak hanya menggunakan data untuk pelayaran dalam negeri, sedangkan untuk pelayaran luar negeri tidak digunakan. Data penelitian adalah data bulanan mulai Januari 2001 hingga Desember 2017. Terdapat banyak metode peramalan linier dan nonlinier yang telah dikembangkan. Metode peramalan linier antara lain metode *Moving Average*, *Winter*, Dekomposisi, Regresi *Time Series*, ARIMA, ARIMAX, dan sebagainya. Metode peramalan nonlinier antara lain metode ANN, *Radial Basis Function Network*, DLNN, dan sebagainya. Pada penelitian ini hanya fokus pada model linier yaitu ARIMAX dan model nonlinier yaitu FFNN dan DLNN.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Analisis Time Series

*Time series* merupakan serangkaian pengamatan yang dicatat secara urut berdasarkan interval waktu yang sama. Selain dicatat berdasarkan dimensi waktu, data juga dapat dicatat berdasarkan dimensi yang lain, yaitu dimensi ruang. Data pengamatan tersebut haruslah independen atau saling berkorelasi satu dengan lainnya (Wei, 2006). Interval waktu yang digunakan disesuaikan dengan kebutuhan. Contoh interval waktu yang dapat digunakan adalah harian, mingguan, dan bulanan (Gujarati, 2004). Serangkaian data pengamatan yang telah dicatat dinyatakan sebagai variabel random  $Y_t$ , dimana  $t = 1, 2, \dots, n$  (Cryer & Chan, 2008).

Tujuan dari dilakukan analisis *time series* adalah untuk memahami model yang sesuai dan memprediksi atau meramalkan kejadian beberapa tahap kedepan berdasarkan data masa lalu maupun data saat ini (Cryer & Chan, 2008). Wei (2006) menjelaskan bahwa data *time series* dapat dibedakan menjadi musiman dan tidak musiman. Data dikatakan musiman apabila dalam waktu  $t$  berulang pada periode  $s$ . Hal ini berarti bahwa data-data yang dipisahkan dalam suatu musim penuh dapat memperlihatkan sifat yang sama pada musim berikutnya. Selain itu, Wei juga menyebutkan bahwa serangkaian data *time series* dapat berupa univariat dan multivariat.

### 2.2 Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)

Model *Autoregressive Integrated Moving Average* atau ARIMA( $p, d, q$ ) adalah model ARMA( $p, q$ ) yang telah mengalami proses *differencing* dengan model sebagai berikut (Wei, 2006):

$$\phi_p(B)(1-B)^d Z_t = \theta_q(B)\varepsilon_t, \quad (2.1)$$

dimana  $\phi_p(B) = (1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p)$  dan  $\theta_q(B) = (1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q)$ .

Model ARIMA musiman multiplikatif dinotasikan ARIMA( $p, d, q$ )( $P, D, Q$ )<sup>s</sup> yang mempunyai faktor musiman dengan

periode musim adalah  $S$  dalam pengamatan waktu ke- $t$ .  $P$  merupakan *lag* pada model AR yang mempunyai faktor musiman,  $Q$  merupakan *lag* pada model MA yang mempunyai faktor musiman dan  $D$  merupakan *lag* untuk *differencing* yang mempunyai faktor musiman, dengan model sebagai berikut:

$$\Phi_P(B^s)\phi_p(B)(1-B)^d(1-B^s)^D\dot{Z}_t = \theta_q(B)\Theta_Q(B^s)\varepsilon_t, \quad (2.2)$$

dengan

$$\dot{Z}_t = Z_t - \mu.$$

$\phi_p(B)$  = faktor umum dari AR

$\Phi_P(B^s)$  = faktor umum dari AR musiman, dimana

$$\Phi_P(B^s) = (1 - \Phi_1 B^s - \Phi_2 B^{2s} - \dots - \Phi_P B^{Ps})$$

$\theta_q(B)$  = faktor umum dari MA

$\Theta_Q(B^s)$  = faktor umum dari MA musiman, dimana

$$\Theta_Q(B^s) = (1 - \Theta_1 B^s - \Theta_2 B^{2s} - \dots - \Theta_Q B^{Qs})$$

$(1-B)^d$  = *differencing* non musiman dengan orde  $d$

$(1-B^s)^D$  = *differencing* musiman  $s$  dengan orde  $D$

$\varepsilon_t$  = residual white noise dengan mean nol dan  $Var(a_t)$  adalah konstan ( $\sigma_a^2$ ).

Tahapan yang dilakukan dalam pembentukan model ARIMA terdiri dari proses identifikasi stasioneritas data dalam *mean* dan *varians*, menentukan model ARIMA sementara, estimasi parameter dengan metode *Conditional Least Square* (CLS), pengujian signifikansi parameter, pemeriksaan diagnostik asumsi *white noise* dan berdistribusi normal, pemilihan model terbaik, dan melakukan peramalan.

Metode penaksiran parameter *Conditional Least Square* (CLS) dilakukan dengan cara mencari nilai parameter yang meminimumkan jumlah kuadrat *error*/SSE (Cryer & Chan, 2008). Misalkan untuk model AR(1) maka *least square estimation* sebagai berikut:

$$S(\phi_1, \mu) = \sum_{t=2}^n a_t^2 = \sum_{t=2}^n [(Z_t - \mu) - \phi_1(Z_{t-1} - \mu)]^2 \quad (2.3)$$

Berdasarkan metode *least square*, taksiran  $\phi_1$  dan  $\mu$  dilakukan dengan meminimalkan  $S(\phi_1, \mu)$ . Oleh karena itu, perlu dilakukan *differential* terhadap  $\phi_1$  dan  $\mu$  kemudian disamakan dengan nol. Berikut merupakan operasi turunan terhadap  $\mu$ :

$$\frac{\partial S}{\partial \mu} = \sum_{t=2}^n 2[(Z_t - \mu) - \phi_1(Z_{t-1} - \mu)](-1 + \phi_1) = 0 \quad (2.4)$$

sehingga taksiran parameter  $\mu$  untuk model AR(1) sebagai berikut:

$$\hat{\mu} = \frac{1}{(n-1)(1-\phi_1)} \left[ \sum_{t=2}^n Z_t - \phi_1 \sum_{i=2}^n Z_{i-1} \right] \quad (2.5)$$

sedangkan untuk  $n$  yang sangat besar, persamaan (2.5) menjadi sebagai berikut:

$$\hat{\mu} = \frac{1}{(1-\phi_1)} (\bar{Z} - \phi_1 \bar{Z}) = \bar{Z} \quad (2.6)$$

kemudian untuk parameter  $\phi_1$  dengan cara yang sama didapatkan operasi turunan sebagai berikut:

$$\frac{\partial S}{\partial \phi_1} = \sum_{t=2}^n 2[(Z_t - \bar{Z}) - \phi_1(Z_{t-1} - \bar{Z})](Z_{t-1} - \bar{Z}) = 0 \quad (2.7)$$

Sehingga taksiran parameter  $\phi_1$  untuk model AR(1) sebagai berikut.

$$\hat{\phi} = \frac{\sum_{t=2}^n (Z_t - \bar{Z})(Z_{t-1} - \bar{Z})}{\sum_{t=2}^n (Z_{t-1} - \bar{Z})^2} \quad (2.8)$$

### 2.3 Autoregressive Integrated Moving Average with Exogeneous Variable (ARIMAX)

Model ARIMAX merupakan model ARIMA dengan penambahan variabel eksogen atau variabel  $X$  (Cryer & Chan, 2008). Variabel eksogen tersebut dapat berupa *metrics* yang merupakan data dengan skala interval dan rasio, serta *non metrics* yaitu data dengan skala nominal dan ordinal yang dapat dijadikan variabel *dummy* dalam model regresi. Model ARIMAX ini memiliki kemiripan bentuk dengan regresi linier yang memiliki variabel tambahan, seperti variasi kalender. Model yang didapatkan dalam pemodelan ARIMAX secara umum sebagai berikut:

$$Z_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1,t} + \dots + \beta_g X_{g,t} + \frac{\theta_q(B)\Theta_Q(B^S)}{\phi_p(B)\Phi_P(B^S)(1-B)^d(1-B^S)^D} \varepsilon_t. \quad (2.3)$$

Data dengan variasi kalender dapat dimodelkan menggunakan model regresi linier sebagai berikut:

$$Z_t = \beta_0 + \beta_1 V_{1,t} + \dots + \beta_p V_{p,t} + \varepsilon_t. \quad (2.4)$$

dimana  $V_{p,t}$  adalah variabel *dummy* untuk  $p$  efek variasi kalender. Jumlah dari efek variasi kalender dapat diidentifikasi berdasarkan pada plot *time series* pada data (Lee, Suhartono, & Hamzah, 2010).

### 2.4 Deteksi Outlier

Data *time series* seringkali dipengaruhi oleh kejadian yang mengganggu, seperti serangan, krisis ekonomi, bencana alam, dan lain sebagainya. Akibat dari kejadian yang mengganggu ini menimbulkan pengamatan yang tidak konsisten dengan hasil dari *series* tersebut. Pengamatan tersebut biasanya disebut dengan *outlier*. Saat waktu dan penyebab dari gangguan diketahui, maka akibat dari kejadian tersebut dapat diselesaikan dengan menggunakan model intervensi. Bagaimanapun, dalam kenyataannya waktu dari kejadian yang mengganggu seringkali tidak diketahui. Karena data *outlier* dapat menjadi masalah dalam analisis data, maka prosedur untuk penanganan *outlier* diperlukan. Deteksi *time*

*series outlier* pertama kali diperkenalkan oleh Fox (1992) di dalam Wei (2006), dimana terdapat 4 model sebagai berikut:

#### 2.4.1 Additive Outlier (AO)

*Additive Outlier* (AO) merupakan *outlier* yang mempengaruhi model hanya satu titik waktu saja. Model AO didefinisikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Z_t &= \begin{cases} X_t, & t \neq T \\ X_t + \omega_{AO}, & t = T \end{cases} \\ &= X_t + \omega_{AO} I_t^{(T)} \\ &= \frac{\theta(B)}{\phi(B)} a_t + \omega_{AO} I_t^{(T)}, \end{aligned} \quad (2.9)$$

dengan

$$I_t^{(T)} = \begin{cases} 1, & t = T (\text{terjadi outlier}) \\ 0, & t \neq T \end{cases}.$$

adalah variabel indikator yang menjelaskan ada atau tidaknya *outlier* pada waktu ke- $T$ .  $T$  merupakan waktu yang tidak diketahui dari *outlier* yang mungkin.  $\omega$  merupakan besarnya pengaruh (parameter model) *outlier* dan  $\frac{\theta(B)}{\phi(B)}$  sebagai model dinamis dari efek *outlier*.  $X_t$  disebut sebagai proses bebas yang mendasari *outlier*.

#### 2.4.2 Innovational Outliers (IO)

*Innovational Outliers* (IO) merupakan *outlier* yang mempengaruhi beberapa amatan setelah waktu terjadinya *outlier* sehingga merusak susunan *time series*. Model IO didefinisikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Z_t &= X_t + \frac{\theta(B)}{\phi(B)} \omega_{IO} I_t^{(T)} \\ &= \frac{\theta(B)}{\phi(B)} (a_t + \omega_{IO} I_t^{(T)}). \end{aligned} \quad (2.10)$$

Perbedaan AO dan IO adalah AO hanya mempengaruhi observasi ke- $T$  ( $Z_t$ ) sedangkan IO mempengaruhi semua observasi  $Z_T, Z_{T-1}, \dots$ , diluar waktu  $T$ , melalui sistem yang dijelaskan oleh  $\frac{\theta(B)}{\phi(B)}$ . Pengaruh yang nyata terlihat adalah beberapa amatan sejak terjadinya *outlier*.

### 2.4.3 Level Shift (LS)

*Level Shift* (LS) adalah kejadian yang mempengaruhi deret pada satu waktu tertentu dan efek yang diberikan memberikan suatu perubahan yang tiba-tiba dan permanen. Model untuk jenis LS sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Z_t &= X_t + \frac{1}{(1-B)} \omega_{LS} I_t^{(T)} \\ &= \frac{\theta(B)}{\phi(B)} a_t + \frac{1}{(1-B)} \omega_{LS} I_t^{(T)}, \end{aligned} \quad (2.11)$$

atau dapat dituliskan,

$$Z_t = \frac{\theta(B)}{\phi(B)} a_t + \omega_{LS} S_t^{(T)}, \quad (2.12)$$

dengan

$$S_t^{(T)} = \begin{cases} 1, & t \geq T \\ 0, & t < T. \end{cases}$$

### 2.4.4 Temporal Change (TC)

*Temporal Change* (TC) adalah kejadian dimana *outlier* menghasilkan efek awal  $\omega$  pada waktu  $t$  dan kemungkinan efek tersebut berkurang secara lambat laun seiring dengan berkurangnya faktor  $\delta$ . Model untuk jenis TC sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Z_t &= X_t + \frac{1}{(1-\delta B)} \omega_{TC} I_t^{(T)} \\ &= \frac{\theta(B)}{\phi(B)} a_t + \frac{1}{(1-\delta B)} \omega_{TC} I_t^{(T)}, \end{aligned} \quad (2.13)$$

dengan  $0 < \delta < 1$ .

## 2.5 Pengujian Linieritas

Pengujian linieritas yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Uji White, untuk menguji linieritas suatu data. Uji White merupakan uji deteksi non-linearitas yang dikembangkan dari model *neural network* yang ditemukan oleh White pada tahun 1989. Model yang digunakan pada Uji White persamaan berikut:

$$Z_t = \beta_0 + \beta_1 Z_{t-1} + \beta_2 Z_{t-2} + \dots + \beta_p Z_{t-p} + \theta_1 X_{1t}^* + \theta_2 X_{2t}^* + \varepsilon_t \quad (2.14)$$

dengan  $X_{1t}^*$  dan  $X_{2t}^*$  merupakan komponen nonlinear pada uji White yang diturunkan dari model *neural network*. Hipotesis dari Uji White sebagai berikut:

$H_0 : \theta_1 = \theta_2$  (hubungan linear)

$H_1$  : minimal ada satu  $\theta_i \neq 0$ , dengan  $i = 1, 2$  (hubungan tidak linear)

Berikut merupakan langkah-langkah dari pengujian White:

1. Meregresikan  $Z_t$  pada  $Z_{t-1} + Z_{t-2} + \dots + Z_{t-p}$  dan menghitung

*residual*  $\hat{u}_t$  dan menghitung *sum square residual*  $SSR_0 = \sum_{t=1}^n \hat{u}_t^2$ .

2. Meregresikan  $\hat{u}_t$  pada  $Z_{t-1} + Z_{t-2} + \dots + Z_{t-p}$  dan 2 prediktor tambahan dan menghitung *residual*  $\hat{v}_t$  dan *sum square residual*

$$SSR_1 = \sum_{t=1}^n \hat{v}_t^2$$

3. Menghitung  $F_{hitung} = \frac{(SSR_0 - SSR_1) / 2}{SSR_1 / (n - p - 1 - 2)}$ ,

dengan  $n$  adalah jumlah pengamatan yang digunakan.

Di bawah hipotesis linearitas, nilai uji  $F$  ini mendekati distribusi  $F$  dengan derajat bebas 2 dan  $(n - p - 1 - 2)$ .

## 2.6 Neural Networks (NN)

Model *Neural Networks* merupakan salah satu contoh model nonlinear yang mempunyai bentuk fungsional fleksibel dan mengandung beberapa parameter yang tidak dapat

diinterpretasikan seperti pada model parametrik. Pada dasarnya, NN merupakan suatu kumpulan dari elemen-elemen pemroses yang saling berhubungan, yang disebut dengan unit-unit atau syaraf-syaraf. Model NN telah banyak digunakan untuk menyelesaikan berbagai masalah terapan antara lain peramalan runtun waktu, *pattern recognition*, *signal processing*, dan proses kontrol (Suhartono, 2007). Sarle (1994) menyatakan bahwa ada tiga penggunaan utama dari NN, yaitu sebagai suatu model dari sistem syaraf biologi dan kecerdasan, sebagai prosesor signal *real time* yang adaptif atau pengontrol yang diimplementasikan dalam *hardware* untuk suatu terapan seperti robot, dan sebagai metode analisis data.

Bentuk arsitektur NN yang secara umum paling banyak digunakan dalam aplikasi bidang teknik atau rekayasa adalah *Multi Layer Perceptrons* (MLP) yang juga dikenal dengan *Feedforward Neural Networks* (FFNN). Pemodelan regresi, runtun waktu dan *signal processing* adalah salah satu aplikasi NN yang biasanya berdasarkan pada arsitektur FFNN. Dalam pemodelan statistik, FFNN dapat dipandang sebagai suatu kelas yang fleksibel dari fungsi-fungsi nonlinear. Secara umum, model ini bekerja dengan menerima suatu vektor dari input  $x$  dan kemudian menghitung suatu respon atau output  $\hat{z}(x)$  dengan memproses (*propagating*)  $x$  melalui elemen-elemen proses yang saling terkait. Elemen-elemen proses tersusun dalam beberapa lapis (*layer*) dan data input,  $x$ , mengalir dari satu lapis ke lapis berikutnya secara berurutan. Dalam tiap-tiap lapis, input-input ditransformasikan kedalam lapis secara nonlinear oleh elemen-elemen proses dan kemudian diproses maju ke lapis berikutnya. Akhirnya, nilai-nilai output  $\hat{z}$ , yang dapat berupa nilai-nilai skalar atau vektor, dihitung pada lapis output (Suhartono, 2007).

Gambar 2.1 adalah suatu contoh dari bentuk khusus FFNN dengan satu lapis tersembunyi yang lebih dikenal dengan FFNN dengan satu lapis tersembunyi yang terdiri dari  $q$  unit neuron dan lapis output yang hanya terdiri dari satu unit neuron. Dalam arsitektur ini, nilai-nilai respon atau output  $\hat{z}$  dihitung dengan



$$\hat{Z}_{(k)} = f^o \left[ \sum_{j=1}^q \left[ w_j^o f_j^h \left( \sum_{i=1}^p w_{ji}^h X_{i(k)} + b_j^h \right) + b^o \right] \right], \quad (2.15)$$

dengan:

$X_{i(k)}$  = variabel input sebanyak  $p$ , ( $i = 1, 2, \dots, p$ )

$\hat{Z}_{(k)}$  = nilai dugaan dari variabel output

$k$  = indeks pasangan data input-target  $(x_{i(k)}, z_{(k)})$ ,  $k = 1, 2, \dots, n$

$w_{ji}^h$  = bobot dari input ke- $i$  yang menuju neuron ke- $j$  pada lapis tersembunyi, dengan  $j = 1, 2, \dots, q$

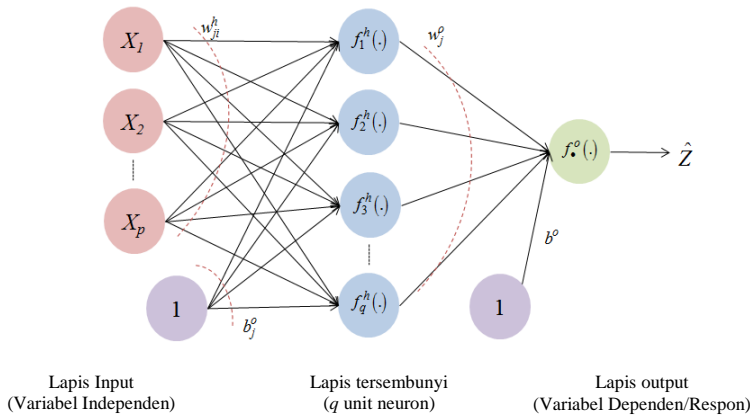
$b_j^h$  = bias pada neuron ke- $j$  pada lapis tersembunyi,  
( $j = 1, 2, \dots, q$ )

$f_j^h$  = fungsi aktivasi di neuron ke- $j$  pada lapis tersembunyi

$w_j^o$  = bobot dari neuron ke- $j$  di lapis tersembunyi yang menuju neuron pada lapis output

$b^o$  = bias pada neuron di lapis output

$f^o$  = fungsi aktivasi pada neuron di lapis output.



**Gambar 2.1** Arsitektur FFNN dengan satu lapis tersembunyi,  $p$  unit input,  $q$  unit neuron di lapis tersembunyi, dan satu unit neuron output.

Bentuk nonlinear fungsi  $\hat{y}$  terjadi melalui suatu fungsi yang disebut fungsi aktivasi  $f_j^h$  pada lapis tersembunyi dan  $f^o$  pada lapis output, biasanya fungsi halus atau *smooth* seperti fungsi logistik sigmoid atau fungsi tanh. Beberapa notasi akan digunakan untuk memperjelas penjabaran proses input-output FFNN pada Gambar 2.1. *Superscript* “ $h$ ” digunakan sebagai indeks yang menyatakan lapis tersembunyi dan “ $o$ ” untuk indeks yang menyatakan lapis output. Digunakan juga  $v_j^h$  untuk menyatakan suatu vektor nilai-nilai setelah proses penjumlahan input dan bobot-bobot (bias termasuk di dalamnya) pada lapis tersembunyi di neuron ke- $j$ , yaitu (Suhartono, 2007).

$$v_j^h = \sum_{i=1}^p w_{ji}^h x_i + b_j^h, \quad (2.16)$$

atau untuk data ke  $k$  diperoleh

$$v_{j(k)}^h = \sum_{i=1}^p w_{ji}^h x_{i(k)} + b_j^h. \quad (2.17)$$

Output pada lapis tersembunyi yang terproses di neuron ke- $j$  adalah

$$a_j^h = f_j^h(v_j^h), \quad (2.18)$$

atau untuk data ke  $k$  diperoleh

$$a_{j(k)}^h = f_j^h(v_{j(k)}^h) = f_j^h\left(\sum_{i=1}^p w_{ji}^h x_{i(k)} + b_j^h\right). \quad (2.19)$$

Dengan cara yang sama, maka beberapa notasi yang menyatakan penjumlahan input dan bobot-bobot pada lapis output adalah

$$v^o = \sum_{j=1}^q w_j^o a_j^h + b^o, \quad (2.20)$$

atau untuk data ke  $k$  diperoleh

$$v_{(k)}^o = \sum_{j=1}^q w_j^o a_{j(k)}^h + b^o, \quad (2.21)$$

Output pada lapis output adalah

$$\hat{z}_{(k)} = a_{(k)}^o = f^o(v_{(k)}^o). \quad (2.22)$$

Dengan demikian, hubungan antara input  $x_{i(k)}$ ,  $i = 1, 2, \dots, p$  dan  $k = 1, 2, \dots, n$ , dengan output  $\hat{z}_{(k)}$  adalah

$$\begin{aligned} \hat{z}_{(k)} &= f^o \left( \sum_{j=1}^q w_j^o f_j^h(v_{j(k)}^h) + b^o \right) \\ &= f^o \left[ \sum_{j=1}^q \left[ w_j^o f_j^h \left( \sum_{i=1}^p w_{ji}^h x_{i(k)} + b_j^h \right) + b^o \right] \right] \\ &= F(x_{1(k)}, x_{2(k)}, \dots, x_{p(k)}) \end{aligned} \quad (2.23)$$

Pemetaan secara keseluruhan yang terjadi pada FFNN ini selanjutnya dapat ditulis dalam bentuk

$$\begin{bmatrix} \hat{z}_{(1)} \\ \hat{z}_{(2)} \\ \vdots \\ \hat{z}_{(n)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F(x_{1(1)}, x_{2(1)}, \dots, x_{p(1)}) \\ F(x_{1(2)}, x_{2(2)}, \dots, x_{p(2)}) \\ \vdots \\ F(x_{1(n)}, x_{2(n)}, \dots, x_{p(n)}) \end{bmatrix}. \quad (2.24)$$

Penurunan dan pembuktian algoritma backpropagation pada FFNN yang banyak digunakan untuk analisis runtun waktu dan regresi yaitu dengan melakukan *fitting* terhadap parameter-parameter fungsi dengan metode *least squares*. Misalkan beberapa pasang sampel input dan target  $(x_{(k)}, z_{(k)})$ , dan output dari *networks* adalah  $\hat{z} = f(\mathbf{x}, \mathbf{w})$ . Maka, vektor parameter  $w$  dipilih dengan cara meminimumkan

$$Q(\mathbf{w}) = \sum_{k=1}^n [z_{(k)} - f(x_{(k)}; \mathbf{w})]^2 \quad (2.25)$$

seperti yang dilakukan dalam regresi nonlinear.

Secara umum, aplikasi *nonlinear least squares* pada *neural networks* terbagi dalam dua pendekatan untuk mengupdate bobot-bobot, yaitu yang dikenal dengan adaptasi *offline* dan *online*. Pada adaptasi *offline*, bobot-bobot diupdate pada setiap pasangan input-output, sedangkan diadaptasi *online* atau yang dikenal dengan *batch mode*, bobot-bobot hanya diupdate setelah pasangan data input-output pada data training terproses. Bagian ini hanya menjelaskan aplikasi dari algoritma *nonlinear least squares* pada training yang diproses secara *batch mode* dari suatu FFNN.

*Gradient descent* merupakan salah satu dari kelompok metode optimasi yang paling tua. Metode ini berdasarkan pada suatu pendekatan linear dari fungsi kesalahan (*error*) yaitu:

$$Q(\mathbf{w} + \Delta \mathbf{w}) \approx Q(\mathbf{w}) + \Delta \mathbf{w}^T Q'(\mathbf{w}). \quad (2.26)$$

bobot-bobot diupdate melalui

$$\Delta \mathbf{w} = -\eta Q'(\mathbf{w}), \quad \eta > 0, \quad (2.27)$$

dengan  $\eta$  adalah suatu koefisien pembelajaran (*learning rate*).

Berikut ini adalah formula untuk mendapatkan bobot-bobot pada model FFNN yang digunakan untuk peramalan runtun waktu univariat seperti pada Gambar 2.1 dengan menggunakan metode *gradient descent*. Dua persamaan update untuk bobot  $w_{ji}^h$ ,  $b_j^h$ ,  $w_j^o$  dan  $b^o$  akan diberikan secara terpisah.

a. Untuk *updating* bobot-bobot dan bias pada lapis output

$$w_j^{o(m+1)} = w_j^{o(m)} + \eta \sum_{k=1}^n \delta_{(k)}^{o(m)} a_{j(k)}^h, \quad (2.28)$$

$$b^{o(m+1)} = b^{o(m)} + \eta \sum_{k=1}^n \delta_{(k)}^{o(m)}. \quad (2.29)$$

a. Untuk *updating* bobot-bobot dan bias pada lapis tersembunyi

$$w_{ji}^{h(m+1)} = w_{ji}^{h(m)} + \eta \sum_{k=1}^n \delta_{j(k)}^{h(m)} x_{i(k)}, \quad (2.30)$$

$$b_j^{h^{(m+1)}} = b_j^{h^{(m)}} + \eta \sum_{k=1}^n \delta_{j(k)}^{h^{(m)}}. \quad (2.31)$$

dengan  $\eta$  adalah koefisien pembelajaran (*learning rate*) dan  $m$  merupakan iterasi.

## 2.7 Deep Learning Neural Networks (DLNN)

*Deep Learning Neural Networks* (DLNN) merupakan *Feed Forward Neural Networks* (FFNN) dengan jumlah *hidden layer* lebih dari satu. Pada model *time series*, hubungan antara *output* ( $Z_t$ ) dan *input* ( $Z_{t-1}, Z_{t-2}, \dots, Z_{t-p}$ ) dalam model DLNN dengan dua *hidden layer* dijelaskan dengan:

$$\hat{Z}_{(k)} = f^o \left[ \sum_{i=1}^s \alpha_i f_i^{h_2} \left( \sum_{j=1}^r \beta_{ij} f_j^{h_1} \left( \sum_{k=1}^p \gamma_{ik} X_{i(k)} + b_j^{h_1} \right) + b_i^{h_2} \right) + b^o \right] + \varepsilon_i, \quad (2.32)$$

dengan

$X_{i(k)}$  = variabel *input* sebanyak  $p$ , ( $i = 1, 2, \dots, p$ )

$\hat{Z}_{(k)}$  = nilai dugaan dari variabel *output*

$k$  = indeks pasangan data input-target ( $x_{i(k)}, z_{(k)}$ ),

$k = 1, 2, \dots, n$

$\beta_{ij}$  = bobot dari input ke- $i$  yang menuju neuron ke- $j$  pada lapis tersembunyi pertama dengan  $j = 1, 2, \dots, r$

$\alpha_i$  = bobot dari neuron ke- $i$  di lapis tersembunyi kedua yang menuju neuron pada lapis output ( $i = 1, 2, \dots, s$ )

$b_j^{h_1}$  = bias pada neuron ke- $j$  pada lapis tersembunyi pertama

$b_i^{h_2}$  = bias pada neuron ke- $i$  pada lapis tersembunyi kedua

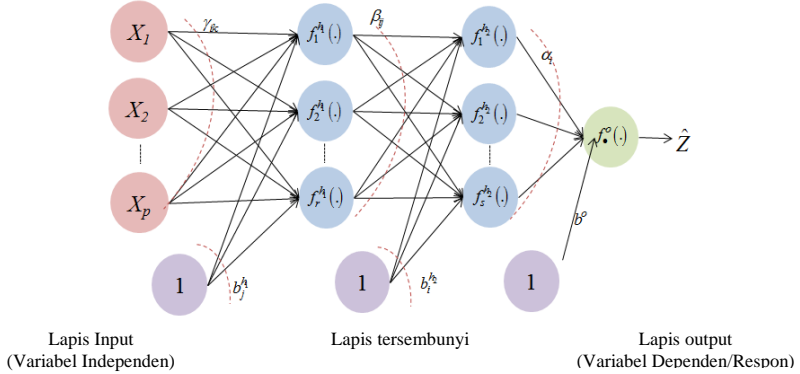
$b^o$  = bias pada neuron di lapis output

$f_j^{h_1}$  = fungsi aktivasi di neuron ke- $j$  pada lapis tersembunyi pertama

$f_i^{h_2}$  = fungsi aktivasi di neuron ke- $i$  pada lapis tersembunyi kedua

$f^o$  = fungsi aktivasi pada neuron di lapis output.

Sedangkan arsitektur DLNN dengan jumlah *hidden layer* sebanyak dua pada Gambar 2.2.



**Gambar 2.2** Arsitektur DLNN dengan dua lapis tersembunyi,  $p$  unit *input* dan satu unit neuron *output*.

## 2.8 Model *Hybrid* ARIMAX-DLNN

Model ARIMAX dan DLNN telah mampu dalam menangkap pola linier dan nonlinier pada masing-masing model. Namun, tidak semua model universal sesuai untuk segala permasalahan. Tidak mudah untuk mengetahui sepenuhnya karakteristik suatu data, namun metode *hybrid* dari kombinasi dua metode yang dapat menangkap pola linier dan nonlinier merupakan suatu strategi yang baik untuk dilakukan. Model *time series* berikut terdiri dari komponen linier dan komponen nonlinier (Zhang, 2003), yaitu:

$$Z_t = L_t + N_t + \varepsilon_t, \quad (2.33)$$

dengan  $L_t$  merupakan komponen linier dan  $N_t$  merupakan komponen nonlinier yang dilakukan estimasi dari data.

Level pertama dalam pemodelan *hybrid* yaitu memodelkan dengan ARIMAX dan didapatkan nilai residual. Residual pada

model ARIMAX di waktu ke- $t$ , yaitu  $e_t$  didapatkan sebagai berikut:

$$e_t = Z_t - \hat{L}_t^{(1)}, \quad (2.34)$$

kemudian model tersebut didefinisikan dengan  $\hat{L}_t^{(1)}$ . Pada level kedua, nilai residual tersebut dimodelkan dengan DLNN dengan model sebagai berikut:

$$e_t = \hat{N}_t^{(2)} + \varepsilon_t. \quad (2.35)$$

kemudian model tersebut didefinisikan dengan  $\hat{N}_t^{(2)}$ . Sehingga model *hybrid* didapatkan sebagai berikut:

$$\hat{Z}_t = \hat{L}_t^{(1)} + \hat{N}_t^{(2)}. \quad (2.36)$$

## 2.9 Pemilihan Model Terbaik

Pemilihan model terbaik pada penelitian ini menggunakan kriteria kesalahan peramalan *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Mean Average Percentage Error* (MAPE) untuk data *in sample*, sedangkan untuk data *out sample* menggunakan *Root Mean Square Error Prediction* (RMSEP) dan *Mean Average Percentage Error Prediction* (MAPEP). Rumus RMSE dan RMSEP sebagai berikut (Wei, 2006):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (Z_t - \hat{Z}_t)^2}{n}}, \quad (2.37)$$

$$RMSEP = \sqrt{\frac{\sum_{l=1}^L (Z_{n+l} - \hat{Z}_n(l))^2}{L}}, \quad (2.38)$$

dengan

$Z_t$  = data *in sample*

$\hat{Z}_t$  = nilai *fits*

$Z_{n+l}$  = data *out sample*

$\hat{Z}_n(l)$  = nilai ramalan

$n$  = jumlah data *in sample*.

$L$  = jumlah data *out sample*.

MAPE dan MAPEP digunakan untuk mengetahui rata-rata harga mutlak dari persentase kesalahan tiap model. Rumus MAPE dan MAPEP sebagai berikut (Wei, 2006):

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Z_t - \hat{Z}_t}{Z_t} \right| \times 100\%. \quad (2.39)$$

$$MAPEP = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L \left| \frac{Z_{n+l} - \hat{Z}_n(l)}{Z_{n+l}} \right| \times 100\%. \quad (2.40)$$

## 2.10 Penumpang dan Barang

Dalam Pasal 1 ayat 25 Undang-Undang No. 22 Tahun 2009, yang dimaksud dengan penumpang adalah orang yang berada di kendaraan selain pengemudi dan awak kendaraan dengan mengikatkan diri setelah membayar uang atau tiket angkutan umum sebagai kontraprestasi dalam perjanjian pengangkutan. Pada umumnya penumpang dibagi menjadi 2 jenis. Penumpang domestik, yakni penumpang yang melakukan penerbangan dari suatu kota ke kota lain dalam satu wilayah atau Negara. Sedangkan penumpang Internasional, yakni penumpang yang melakukan penerbangan dari satu Negara ke Negara lain.

Bongkar/impor barang merupakan pembongkaran barang dari kapal, baik barang yang diangkut dari pelabuhan asal di Indonesia ataupun dari luar negeri. Muat/ekspor barang adalah pemuatan barang ke kapal untuk diangkut ke pelabuhan tujuan di Indonesia atau ke luar negeri (BPS, 2017).

## 2.11 Statistik Sektorial

Jenis statistik berdasarkan tujuan pemanfaatannya terdiri atas statistik dasar yang sepenuhnya diselenggarakan oleh Badan Pusat Statistik (BPS), statistik sektoral yang dilaksanakan oleh



instansi Pemerintah secara mandiri atau bersama dengan BPS, serta statistik khusus yang diselenggarakan oleh lembaga, organisasi, perorangan, dan atau unsur masyarakat lainnya secara mandiri atau bersama dengan BPS.

Instansi pemerintah adalah unit kegiatan yang melakukan kegiatan statistik sektoral, baik yang berada di Departemen, Lembaga Negara, atau Badan Usaha Milik Negara (BUMN), dan kantor pemerintahan lainnya selain BPS. Instansi pemerintah tersebut perlu melaporkan hasil kegiatan statistik sektoral yang telah dilakukan, baik yang telah selesai maupun yang sedang berjalan dengan mengirim dokumen laporan atau *entry* langsung dari tempat unit kerjanya ke dalam Sistem Informasi Rujukan Statistik (SiRusa) yang dapat terhubung melalui internet. Melalui SiRusa, instansi pemerintah dapat memperoleh informasi tentang metadata hasil kegiatan statistik yang dilakukan unit kerjanya maupun oleh unit kerja yang lain, metadata hasil kegiatan statistik lain, serta informasi mengenai rekomendasi untuk dapat melakukan suatu kegiatan statistik.

Pelaksanaan kegiatan statistik sektoral juga sangat membutuhkan kerjasama yang baik antara BPS sebagai pengelola/koordinator kegiatan statistik dan instansi pemerintah di luar BPS sebagai penyelenggara kegiatan statistik, sesuai dengan amanah PP Nomor 51 Tahun 1999 tentang Penyelenggaraan Statistik. Dengan diaplikasikannya UU RI Nomor 16 Tahun 1994 dan PP Nomor 51 Tahun 1999 kaitannya dengan pelaksanaan statistik sektoral maka diharapkan tidak akan terjadi duplikasi dalam penyelenggaraan statistik dan hasilnya dapat dimanfaatkan secara optimal, serta dalam rangka menyusun metadatabase statistik sektoral yang dapat diakses oleh semua pihak (BPS, 2009).

## **2.12 Pentingnya Bandara dan Pelabuhan**

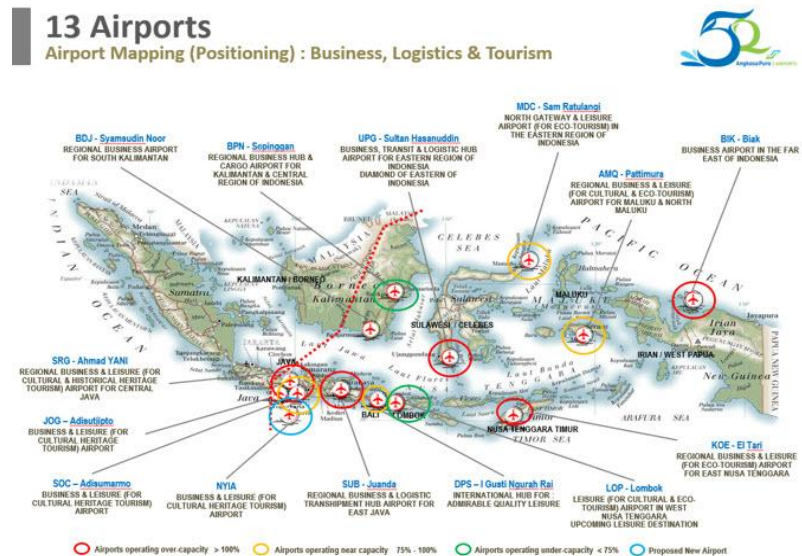
Dunia penerbangan diyakini masih merupakan sarana transportasi tercepat, teraman, dan akhir-akhir ini menjadi semakin terjangkau dengan berkembangnya maskapai berbiaya

murah (*low-cost carrier airlines*). Nilai penting dari pertumbuhan ekonomi nasional semakin besar dengan bergesernya gaya hidup dari barang konsumsi menjadi *leisure* dan *experience*. Sektor pariwisata saat ini muncul menjadi “primadona” dan menjadi penghasil devisa kedua terbesar. Sehingga pencanangan target kunjungan 20 juta wisatawan mancanegara (wisman) di tahun 2020 menjadikan transportasi udara semakin signifikan perannya. Transportasi udara pun menjadi salah satu wahana pembuka dan penyedia lapangan pekerjaan – baik secara langsung maupun tidak langsung – mulai dari kegiatan inti sektor transportasi maupun lanjutannya, seperti industri pariwisata, investasi, serta perdagangan.

Pertumbuhan lalu lintas udara akan memberikan dampak berupa efek domino yang dapat langsung dirasakan oleh masyarakat, para pelaku ekonomi, pemerintah daerah, hingga dunia pendidikan dan kebudayaan. Bahkan, menurut hasil penelitian JICA (*Japan International Cooperation Agency*), bandara berperan dalam meningkatkan pertumbuhan daerah setidaknya hingga 300%. Sehingga tak mengherankan bila Pemerintah RI memiliki motivasi yang tinggi dan upaya yang kian serius untuk terus meningkatkan aspek keselamatan dan keamanan sektor transportasi udara ini. Hal ini membuahkan hasil dengan meningkatnya tingkat kepercayaan dan rating posisi Indonesia di mata dunia internasional. Tahun 2017, peringkat keselamatan penerbangan Indonesia melesat hampir dua kali lipat dari posisi 151 menjadi peringkat 55 berdasarkan hasil audit *Universal Safety Oversight Audit Programme* (USOAP) yang dilakukan oleh ICAO (*International Civil Aviation Organization*). Indonesia meraih 94,92% *comply*, sebuah hasil yang mengembirakan dan menumbuhkan semangat operator bandara.

Disadari bahwa tantangan pertumbuhan lalu lintas udara yang cukup tinggi – yang mencapai rata-rata 12% per tahun – bukanlah hal yang mudah. Ada “tekanan” pertumbuhan trafik ini terhadap kapasitas dan fasilitas bandara. Sebagaimana diketahui berdasarkan ketentuan dalam penyusunan *master plan* bandara,

yaitu bahwa bila trafik sudah mencapai 75% dari kapasitas terpasang maka bandara dimaksud sudah saatnya untuk dikembangkan. Namun pada kenyataannya, sebagian besar bandara masih berada jauh di atas kapasitas terpasang atau *lack of capacity* sampai lebih dari 250%. Bisa dibayangkan besarnya upaya dan biaya yang harus direalisasikan operator bandara untuk menyeimbangkan hal ini. Saat ini, satu-satunya bandar udara di bawah pengelolaan Angkasa Pura Airports yang kapasitasnya di atas trafik hanyalah Bandara SAMS Sepinggan Balikpapan, dan lainnya ada dalam kondisi *lack of capacity*, termasuk Bandar Udara Internasional Juanda (Baskoro, 2017). Informasi 13 Bandara di bagian tengah dan timur Indonesia yang merupakan bagian Angkasa Pura Airports dijelaskan pada Gambar 2.3.



**Gambar 2.3** Bandara di Bagian Tengah dan Timur Indonesia

Wilayah Indonesia yang terbentuk atas jajaran pulau-pulau dari Sabang sampai Marauke tak hanya membutuhkan transportasi udara. Sebagai jembatan penghubung antar pulau

maupun antar Negara, peranan pelabuhan sangat penting dalam keberlangsungan dan kelancaran arus distribusi logistik.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistika (BPS). Data yang digunakan adalah data jumlah penumpang dan barang di Bandar Udara Internasional Juanda dan Pelabuhan Tanjung Perak. Periode data yang digunakan adalah Januari 2001 hingga Desember 2017. Data penelitian tersebut dibagi menjadi data *training* yaitu Januari 2001 hingga Desember 2016 dan data *testing* yaitu Januari 2017 hingga Desember 2017.

Data yang didapatkan melalui BPS merupakan statistik sektoral diselenggarakan oleh kementrian/lembaga pemerintah sesuai lingkup tugas dan fungsinya, baik secara mandiri maupun bersama-sama dengan BPS. Data dalam penelitian ini khususnya dikumpulkan oleh BPS dari Bandar Udara Internasional Juanda yang dikelola PT. Angkasa Pura (Persero) maupun Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, melalui Kantor Wilayah Departemen Perhubungan. Selain itu, untuk statistik angkutan laut dikumpulkan dengan sensus dari Pelabuhan Tanjung Perak.

### 3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini ditampilkan sebagai berikut:

**Tabel 3.1** Variabel Penelitian untuk Bandar Udara Internasional Juanda

| Variabel  | Keterangan   |
|-----------|--|
| $Z_{1,t}$ | Jumlah penumpang keberangkatan domestik pada bulan ke- $t$             |
| $Z_{2,t}$ | Jumlah penumpang keberangkatan internasional pada bulan ke- $t$        |
| $Z_{3,t}$ | Jumlah barang yang dimuat pada penerbangan domestik bulan ke- $t$      |
| $Z_{4,t}$ | Jumlah barang yang dimuat pada penerbangan internasional bulan ke- $t$ |

**Tabel 3.2** Variabel Penelitian Untuk Pelabuhan Tanjung Perak

| Variabel  | Keterangan   |
|-----------|--|
| $Z_{5,t}$ | Jumlah penumpang keberangkatan dalam negeri pada bulan ke- $t$ |
| $Z_{6,t}$ | Jumlah penumpang kedatangan dalam negeri pada bulan ke- $t$    |
| $Z_{7,t}$ | Jumlah barang dalam negeri yang dibongkar pada bulan ke- $t$   |
| $Z_{8,t}$ | Jumlah barang dalam negeri yang dimuat pada bulan ke- $t$      |

**Tabel 3.3** Variabel *Dummy*

| $M_{j,t}$                                    | <i>Dummy</i> bulan, dengan $j = \text{Januari}, \dots, \text{Desember}$                          |
|--|--|
| $L_{i,t} \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$   | untuk Idul Fitri pada minggu ke- $i$ bulan ke- $t$ , dengan $i=1,2,3,4$<br>Lainnya               |
| $L_{i,t-1} \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$ | untuk bulan sebelum Idul Fitri pada minggu ke- $i$ bulan ke- $t$ , dengan $i=1,2,3,4$<br>Lainnya |
| $L_{i,t+1} \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$ | untuk bulan sesudah Idul Fitri pada minggu ke- $i$ bulan ke- $t$ , dengan $i=1,2,3,4$<br>Lainnya |

Sedangkan struktur data dalam penelitian ini ditampilkan sebagai berikut:

**Tabel 3.4** Struktur Data Untuk Bandar Udara Internasional Juanda

| Tahun    | Bulan    | Jumlah Penumpang/Barang |             |             |             |
|----------|----------|-------------------------|-------------|-------------|-------------|
|          |          | $Z_{1,t}$               | $Z_{2,t}$   | $Z_{3,t}$   | $Z_{4,t}$   |
| 2001     | Januari  | $Z_{1,1}$               | $Z_{2,1}$   | $Z_{3,1}$   | $Z_{4,1}$   |
| 2001     | Februari | $Z_{1,2}$               | $Z_{2,2}$   | $Z_{3,2}$   | $Z_{4,2}$   |
| 2001     | Maret    | $Z_{1,3}$               | $Z_{3,3}$   | $Z_{3,3}$   | $Z_{4,3}$   |
| $\vdots$ | $\vdots$ | $\vdots$                | $\vdots$    | $\vdots$    | $\vdots$    |
| 2017     | Oktober  | $Z_{1,202}$             | $Z_{2,202}$ | $Z_{3,202}$ | $Z_{4,202}$ |
| 2017     | November | $Z_{1,203}$             | $Z_{2,203}$ | $Z_{3,203}$ | $Z_{4,203}$ |
| 2017     | Desember | $Z_{1,204}$             | $Z_{2,204}$ | $Z_{3,204}$ | $Z_{4,204}$ |

**Tabel 3.5** Struktur Data Untuk Pelabuhan Tanjung Perak

| Tahun    | Bulan    | Jumlah Penumpang/Barang |             |             |             |
|----------|----------|-------------------------|-------------|-------------|-------------|
|          |          | $Z_{5,t}$               | $Z_{6,t}$   | $Z_{7,t}$   | $Z_{8,t}$   |
| 2001     | Januari  | $Z_{5,1}$               | $Z_{6,1}$   | $Z_{7,1}$   | $Z_{8,1}$   |
| 2001     | Februari | $Z_{5,2}$               | $Z_{6,2}$   | $Z_{7,2}$   | $Z_{8,2}$   |
| 2001     | Maret    | $Z_{5,3}$               | $Z_{6,3}$   | $Z_{7,3}$   | $Z_{8,3}$   |
| $\vdots$ | $\vdots$ | $\vdots$                | $\vdots$    | $\vdots$    | $\vdots$    |
| 2017     | Oktober  | $Z_{5,202}$             | $Z_{6,202}$ | $Z_{7,202}$ | $Z_{8,202}$ |
| 2017     | November | $Z_{5,203}$             | $Z_{6,203}$ | $Z_{7,203}$ | $Z_{8,203}$ |
| 2017     | Desember | $Z_{5,204}$             | $Z_{6,204}$ | $Z_{7,204}$ | $Z_{8,204}$ |

### 3.3 Langkah Analisis

Berikut ini adalah langkah-langkah analisis yang dilakukan untuk mencapai tujuan dari penelitian.

1. Mendeskripsikan karakteristik jumlah penumpang dan barang di Bandar Udara Internasional Juanda dan Pelabuhan Tanjung Perak.
2. Melakukan pemodelan ARIMAX dengan menggunakan regresi *time series* sebagai berikut:
  - a. Menentukan variabel *dummy* untuk komponen tren, bulan dan periode variasi kalender, seperti pada Tabel 3.2.
  - b. Menghilangkan variasi kalender untuk mendapatkan nilai residual dengan melakukan pemodelan regresi *time series*, dengan model umum yaitu
 
$$Z_t = \beta_0 + \beta_1 V_{1,t} + \dots + \beta_p V_{p,t} + \varepsilon_t.$$
  - c. Memodelkan residual hasil regresi *time series* dengan menggunakan metode ARIMA untuk mendapatkan model variasi kalender, yaitu  $\phi_p(B)(1-B)^d N_t = \theta_0 + \theta_q(B)\varepsilon_t$ .
  - d. Melakukan pemodelan jumlah penumpang dan barang di Bandar Udara Internasional Juanda dan Pelabuhan Tanjung Perak menggunakan ARIMAX, dengan model

umum

$$Z_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1,t} + \dots + \beta_p X_{p,t} + \frac{\theta_q(B)\Theta_Q(B^S)}{\phi_p(B)\Phi_P(B^S)(1-B)^d(1-B^S)^D} \varepsilon_t.$$

- e. Memilih model ARIMAX terbaik.
- f. Melakukan peramalan dengan model ARIMAX terbaik.
3. Melakukan pengujian linieritas.
4. Melakukan pemodelan FFNN dengan langkah sebagai berikut:
  - a. Menentukan variabel *input* yang akan digunakan dalam FFNN yaitu komponen pada model ARIMAX terbaik seperti pada Langkah 2.
  - b. Melakukan *preprocessing* data jumlah penumpang dan barang menggunakan normalisasi [0,1].
  - c. Menentukan banyaknya neuron pada *hidden layer*.
  - d. Melakukan estimasi parameter untuk pembobot FFNN, dengan model umum yaitu:

$$\hat{Z}_{(k)} = f^o \left[ \sum_{j=1}^q \left[ w_j^o f_j^h \left( \sum_{i=1}^p w_{ji}^h X_{i(k)} + b_j^h \right) + b_j^o \right] \right].$$

- e. Memilih model FFNN terbaik berdasarkan nilai RMSEP terkecil.
- f. Melakukan peramalan dengan model FFNN terbaik.
5. Melakukan pemodelan *hybrid* ARIMAX-FFNN dengan langkah sebagai berikut:
  - a. Menentukan variabel *input* dengan minimal dua skenario, sebagai berikut:
    1. *Input layer* terdiri dari komponen model ARIMAX terbaik seperti pada Langkah 2.
    2. *Input layer* terdiri dari orde AR dari komponen  $\hat{N}_t$  pada model ARIMAX terbaik, dimana orde MA diabaikan.
    3. Jika tidak terdapat orde AR dari komponen  $\hat{N}_t$  pada model ARIMAX terbaik, maka menggunakan *lag* PACF signifikan pada residual ARIMAX.



- b. Melakukan *preprocessing* data jumlah penumpang dan barang menggunakan normalisasi [0,1].
- c. Menentukan banyaknya neuron pada *hidden layer*.
- d. Melakukan estimasi parameter untuk pembobot *hybrid* ARIMAX-FFNN, dengan model umum  $\hat{Z}_t = \hat{L}_t + \hat{N}_t$ .  
dimana  $\hat{L}_t$  merupakan model ARIMAX terbaik, sedangkan  $\hat{N}_t$  yaitu:

$$\hat{N}_t = f^o \left[ \sum_{j=1}^q \left[ w_j^o f_j^h \left( \sum_{i=1}^p w_{ji}^h X_{i(k)} + b_j^h \right) + b^o \right] \right].$$

- e. Memilih model *hybrid* ARIMAX-FFNN terbaik berdasarkan nilai RMSEP terkecil.
  - f. Melakukan peramalan dengan model *hybrid* ARIMAX-FFNN terbaik.
6. Melakukan pemodelan DLNN dengan 2 *hidden layer* sebagai berikut:
- a. Menentukan variabel *input* yang akan digunakan dalam DLNN yaitu komponen pada model ARIMAX terbaik seperti pada Langkah 2.
  - b. Melakukan *preprocessing* data jumlah penumpang dan barang menggunakan normalisasi [0,1].
  - c. Menentukan banyaknya neuron, dengan kombinasi 10 neuron pada masing-masing *hidden layer*, sehingga terdapat 100 kombinasi jumlah neuron.
  - d. Melakukan estimasi parameter untuk pembobot DLNN, dengan model umum yaitu

$$\hat{Z}_{(k)} = f^o \left[ \sum_{i=1}^s \alpha_i f_i^{h_2} \left( \sum_{j=1}^r \beta_{ij} f_j^{h_1} \left( \sum_{k=1}^p \gamma_{ik} X_{i(k)} + b_j^{h_1} \right) + b_i^{h_2} \right) + b^o \right] + \varepsilon_t.$$

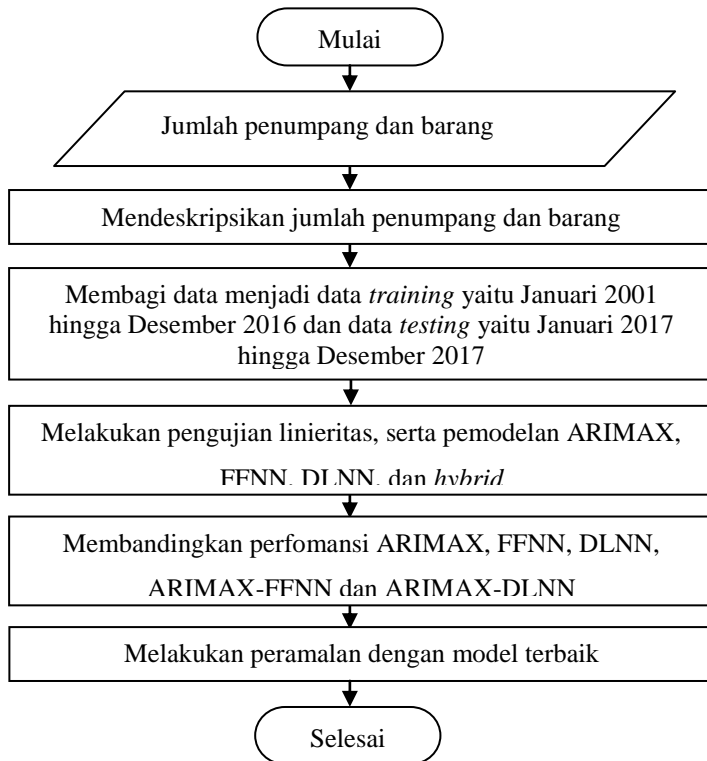
- e. Memilih model DLNN terbaik berdasarkan nilai RMSEP terkecil.
  - f. Melakukan peramalan dengan model DDNN terbaik.
7. Melakukan pemodelan *hybrid* ARIMAX dan DLNN dengan langkah sebagai berikut:

- a. Menentukan variabel *input* dengan minimal dua skenario, sebagai berikut:
    1. *Input layer* terdiri dari komponen model ARIMAX terbaik seperti pada Langkah 2.
    2. *Input layer* terdiri dari orde AR dari komponen  $\hat{N}_t$  pada model ARIMAX terbaik, dimana orde MA diabaikan.
    3. Jika tidak terdapat orde AR dari komponen  $\hat{N}_t$  pada model ARIMAX terbaik, maka menggunakan *lag* PACF signifikan pada residual ARIMAX.
  - b. Melakukan *preprocessing* data jumlah penumpang dan barang menggunakan normalisasi [0,1].
  - c. Menentukan banyaknya neuron, dengan kombinasi 10 neuron pada masing-masing *hidden layer*, sehingga terdapat 100 kombinasi jumlah neuron.
  - d. Melakukan estimasi parameter untuk pembobot *hybrid* ARIMAX-DLNN, dengan model umum  $\hat{Z}_t = \hat{L}_t + \hat{N}_t$ . dimana  $\hat{L}_t$  merupakan model ARIMAX terbaik, sedangkan  $\hat{N}_t$  yaitu:
 
$$\hat{N}_t = f^o \left[ \sum_{i=1}^s \alpha_i f_i^{h_2} \left( \sum_{j=1}^r \beta_{ij} f_j^{h_1} \left( \sum_{k=1}^p \gamma_{ik} X_{i(k)} + b_j^{h_1} \right) + b_i^{h_2} \right) + b^o \right] + \varepsilon_t.$$
  - e. Memilih model *hybrid* ARIMAX-DLNN terbaik berdasarkan nilai RMSEP terkecil.
  - f. Melakukan peramalan dengan model *hybrid* ARIMAX-DLNN terbaik.
8. Memilih model terbaik untuk meramalkan jumlah penumpang dan barang di Bandar Udara Internasional Juanda dan Pelabuhan Tanjung Perak berdasarkan nilai RMSEP dan MAPEP terkecil.
  9. Melakukan peramalan dengan model terbaik untuk jumlah penumpang dan barang di Bandar Udara Internasional Juanda dan Pelabuhan Tanjung Perak untuk periode Januari 2018 hingga Desember 2018.

10. Menarik kesimpulan dan saran.

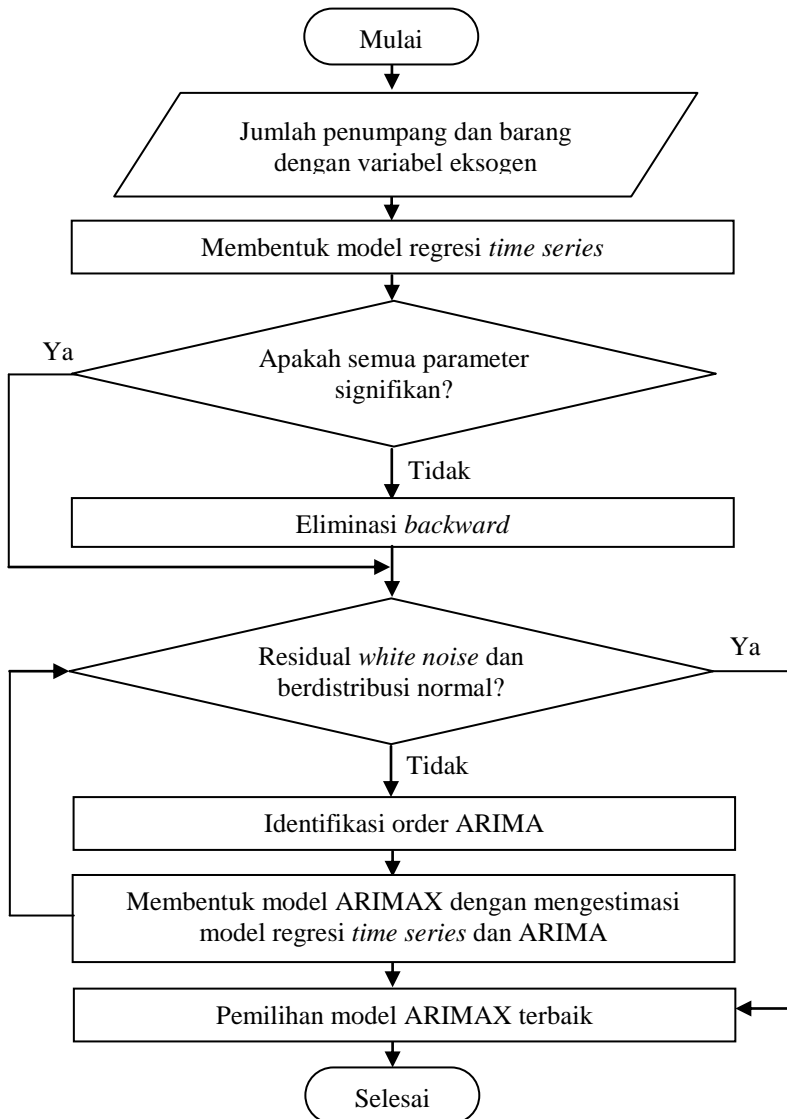
### 3.4 Diagram Alir Penelitian

Langkah analisis secara umum digambarkan pada Gambar 3.1.



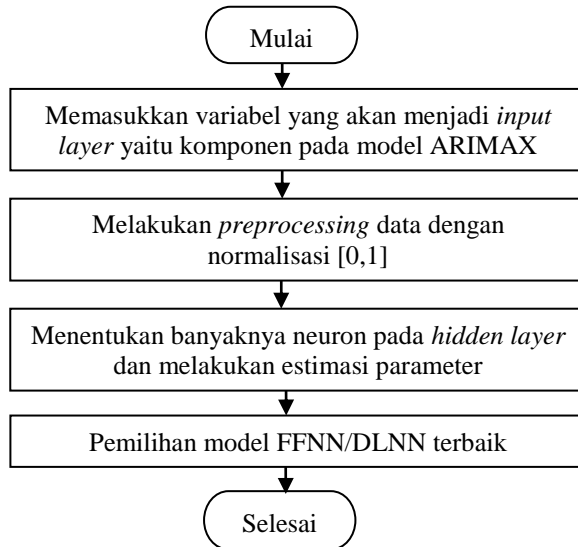
**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian Secara Umum

Langkah analisis pemodelan ARIMAX dapat digambarkan pada Gambar 3.2.



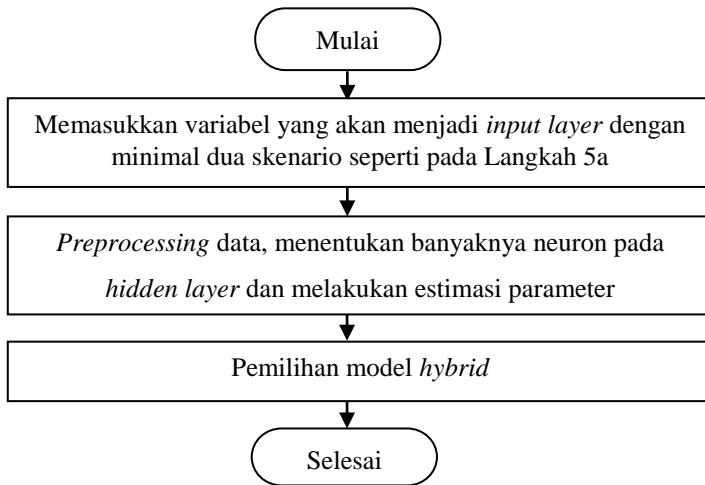
**Gambar 3.2** Diagram Alir Pemodelan ARIMAX

Langkah analisis pemodelan FFNN dan DLNN dapat digambarkan pada Gambar 3.3.



**Gambar 3.3** Diagram Alir Pemodelan FFNN dan DLNN

Langkah analisis pemodelan *hybrid* ARIMAX-FFNN dan *hybrid* ARIMAX-DLNN dapat digambarkan dalam Gambar 3.4.



**Gambar 3.6** Diagram Alir Pemodelan *Hybrid*

## BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

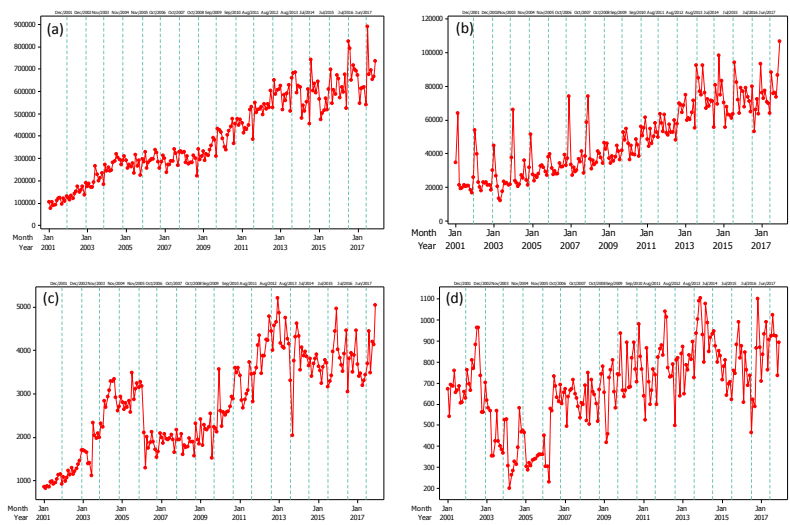
Bagian ini berisi analisis dan pembahasan mengenai peramalan jumlah penumpang dan barang di Bandar Udara Internasional Juanda dan Pelabuhan Tanjung Perak. Analisis awal yang dilakukan menggunakan statistika deskriptif untuk mengetahui karakteristik jumlah penumpang dan barang. Peramalan dilakukan menggunakan metode ARIMAX, FFNN, DLNN, *hybrid* ARIMAX-FFNN dan *hybrid* ARIMAX-DLNN. Model terbaik akan dipilih berdasarkan kriteria kebaikan model *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Mean Average Percentage Error* (MAPE). Peramalan yang dihasilkan berupa jumlah penumpang dan barang untuk periode 12 bulan kedepan.

### 4.1 Karakteristik Penumpang dan Barang

Pergerakan penumpang dan barang di Bandar Udara Internasional Juanda dapat dilihat pada Tabel 4.1 sedangkan secara visual dapat dilihat melalui *time series plot* pada Gambar 4.1. Tabel 4.1 menunjukkan bahwa sebagian besar keberangkatan penumpang dan jumlah barang yang dimuat terjadi pada penerbangan domestik. Pada tahun 2001 hingga 2017, jumlah penumpang pada keberangkatan domestik tertinggi terjadi pada Juli 2017, sedangkan pada keberangkatan internasional terjadi pada Desember 2017.

**Tabel 4.1** Karakteristik Penumpang dan Barang Bandara Juanda

|       | Mean   | Standar Deviasi | Minimum | Maksimum |
|-------|--------|-----------------|---------|----------|
| $Z_1$ | 400160 | 184114          | 74986   | 889548   |
| $Z_2$ | 47946  | 21195           | 12131   | 107000   |
| $Z_3$ | 2796   | 1090            | 822     | 5204     |
| $Z_4$ | 680    | 196             | 200     | 1104     |



**Gambar 4.1** *Plot Time Series* Jumlah Penumpang Keberangkatan Domestik (a) dan Internasional (b), serta Barang yang Dimuat Pada Penerbangan Domestik (c) dan Internasional (d) di Bandar Udara Internasional Juanda

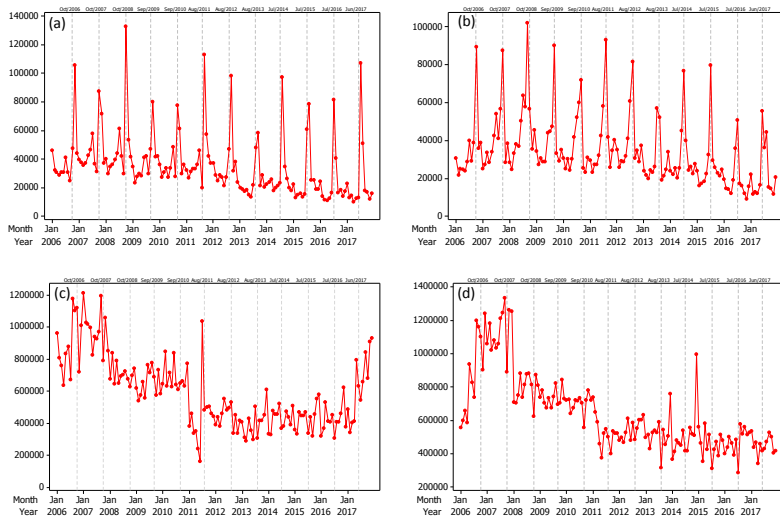
Pergerakan penumpang dan barang di Pelabuhan Tanjung Perak dapat dilihat pada Tabel 4.2 sedangkan secara visual dapat dilihat melalui *time series plot* pada Gambar 4.2.

|       | Mean   | Standar Deviasi | Minimum | Maksimum |
|-------|--------|-----------------|---------|----------|
| $Z_5$ | 35109  | 21946           | 9697    | 132579   |
| $Z_6$ | 34092  | 17867           | 9047    | 101912   |
| $Z_7$ | 592055 | 225715          | 157561  | 1209631  |
| $Z_8$ | 641930 | 231004          | 284258  | 1330792  |

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa secara umum pergerakan keberangkatan dan kedatangan penumpang dalam negeri cenderung sama, hal yang sama terjadi pada jumlah barang. Pada tahun 2006 hingga 2017, jumlah keberangkatan dan kedatangan penumpang tertinggi terjadi pada sekitar bulan terjadinya hari raya Idul Fitri. Hal tersebut terlihat jelas pada Gambar 4.2 bagian



(a) dan (b). Lonjakan jumlah penumpang tertinggi terjadi pada sekitar bulan terjadinya hari raya Idul Fitri, yaitu satu bulan sebelum, satu bulan sesudah dan pada bulan tersebut. Oleh karena itu diperlukan variasi kalender untuk memodelkan jumlah penumpang dan barang di Pelabuhan Tanjung Perak.



**Gambar 4.2** *Plot Time Series* Jumlah Penumpang Keberangkatan (a) dan Kedatangan Dalam Negeri (b), serta Jumlah Barang yang Dibongkar (c) dan Dimuat (d) di Pelabuhan Tanjung Perak

## 4.2 Pemodelan Jumlah Penumpang dan Barang

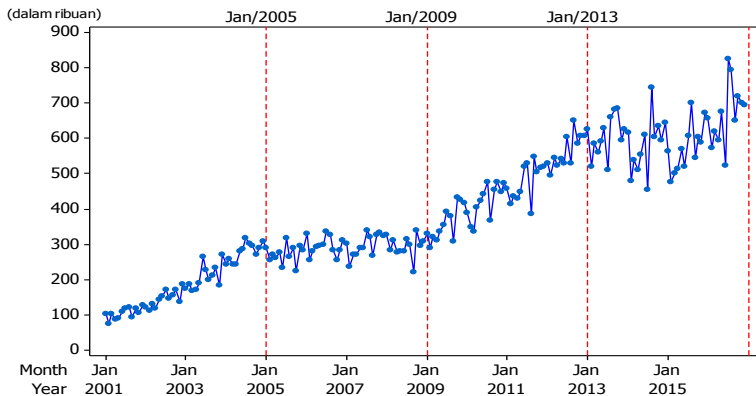
Tahapan pemodelan yang dilakukan untuk jumlah penumpang dan barang di Bandar Udara Internasional Juanda dan Pelabuhan Tanjung Perak terdiri dari pemodelan linier menggunakan ARIMAX, non linier menggunakan FFNN dan DLNN, serta model *hybrid* ARIMAX-FFNN dan ARIMAX-DLNN. Kemudian seluruh model tersebut diperoleh model terbaik untuk diperoleh peramalan 12 bulan kedepan yaitu dari Januari 2018-Desember 2018.

#### 4.2.1 Pemodelan Jumlah Penumpang Keberangkatan Domestik di Bandar Udara Internasional Juanda

Pemodelan dilakukan pada jumlah penumpang keberangkatan domestik di Bandar Udara Internasional Juanda dengan membandingkan 5 metode sebagai berikut:

##### 1. Pemodelan ARIMAX

Pemodelan ARIMAX mengandung komponen tren, musiman serta efek variasi kalender. Tahap pertama pemodelan ARIMAX adalah data dimodelkan terlebih dahulu dengan model regresi *time series*. Kemudian residual dari pemodelan *time series* tersebut dimodelkan dengan ARIMAX berdasarkan pola ACF dan PACF. Berikut pemodelan 1 level ARIMAX untuk jumlah penumpang keberangkatan domestik Bandar Udara Internasional Juanda:



**Gambar 4.3** *Time Series Plot In-Sample* Jumlah Penumpang Keberangkatan Domestik

Gambar 4.3 diatas menunjukkan terdapat empat periode pola data yang berbeda sebagai berikut:

Pola 1: Tahun 2001 hingga 2004

Pola 2: Tahun 2005 hingga 2008, didefinisikan sebagai *dummy*  $D_1$

Pola 3: Tahun 2009 hingga 2012, didefinisikan sebagai *dummy*  $D_2$

Pola 4: Tahun 2013 hingga 2017, didefinisikan sebagai *dummy*  $D_3$

Keempat pola tersebut ditambahkan dalam komponen *dummy* tren, sehingga komponen model ARIMAX yang baru sebagai berikut:

Komponen tren:  $t, D_1, D_2, D_3, D_1t, D_2t, D_3t,$

Komponen musiman:  $M_1, M_2, \dots, M_{12},$

Komponen variasi kalender:

$$L_{1(t-1)}, \dots, L_{4(t-1)}, L_{1(t)}, \dots, L_{4(t)}, L_{1(t+1)}, \dots, L_{4(t+1)}.$$

Tahap pertama pemodelan ARIMAX yaitu memodelkan komponen tersebut dengan regresi *time series* dan didapatkan hasil pada Lampiran 3a. Residual dari model regresi *time series* tersebut dimodelkan dengan ARIMAX berdasarkan pola ACF dan PACF pada Lampiran 3b. Model ARIMAX yang didapatkan untuk memodelkan jumlah penumpang keberangkatan domestik yaitu ARIMAX dengan komponen tren, musiman, variasi kalender, serta komponen *noise* yang mengikuti model ARIMA  $([2,10,12,16,17,23,24,25],0,0)$ . Parameter tersebut diestimasi menggunakan *Maximum Likelihood* (MLE) serta dilakukan pengujian signifikansi parameter menggunakan uji  $t$  dan didapatkan hasil pada Lampiran 3d. Parameter yang paling tidak signifikan dalam uji  $t$  dengan taraf signifikan 0,1 dikeluarkan dari model satu-persatu. Hasil pengujian signifikansi parameter model ARIMAX akhir untuk jumlah penumpang keberangkatan domestik dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Langkah selanjutnya dilakukan pengujian asumsi *white noise* dan distribusi normal pada residual model ARIMAX yang dapat dilihat pada Tabel 4.4. Tabel 4.4 menunjukkan residual telah memenuhi asumsi *white noise* karena nilai  $p$  melebihi taraf signifikansi 0,05. Pengujian *Kolmogorov-Smirnov* dengan statistik uji  $D$  pada Tabel 4.4 didapatkan nilai  $p$  lebih besar dari 0,15. Hal tersebut berarti residual telah berdistribusi normal. Sehingga residual model ARIMAX telah memenuhi asumsi *white noise* dan berdistribusi normal.

**Tabel 4.3** Estimasi Parameter Model ARIMAX Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan Domestik

| Parameter    | Estimasi   | S,E         | $t$    | $P$    |
|--------------|------------|-------------|--------|--------|
| $\mu$        | 70900,70   | 8484,60     | 8,36   | <0,000 |
| $\phi_2$     | 0,34       | 0,05        | 6,36   | <0,000 |
| $\phi_{10}$  | -0,19      | 0,06        | -2,99  | 0,003  |
| $\phi_{12}$  | 0,48       | 0,07        | 6,62   | <0,000 |
| $\phi_{16}$  | -0,19      | 0,06        | -3,08  | 0,002  |
| $\phi_{17}$  | -0,24      | 0,07        | -3,62  | 0,000  |
| $\phi_{23}$  | 0,17       | 0,07        | 2,41   | 0,016  |
| $\phi_{24}$  | -0,19      | 0,08        | -2,50  | 0,012  |
| $\phi_{25}$  | -0,36      | 0,07        | -4,83  | <0,000 |
| $\beta_1$    | 5032,00    | 26910986,00 | 18,70  | <0,000 |
| $\beta_2$    | 194389,80  | 27846,20    | 6,98   | <0,000 |
| $\beta_3$    | -213082,80 | 25751,60    | -8,27  | <0,000 |
| $\beta_4$    | 177814,00  | 81011,90    | 2,19   | 0,028  |
| $\beta_5$    | -4578,70   | 44172340,00 | -10,37 | <0,000 |
| $\beta_6$    | -2828,20   | 57037839,00 | -4,96  | <0,000 |
| $\beta_7$    | -55367,50  | 8632,30     | -6,41  | <0,000 |
| $\beta_8$    | -17406,10  | 7616,50     | -2,29  | 0,022  |
| $\beta_9$    | -32717,20  | 8417,70     | -3,89  | 0,000  |
| $\beta_{10}$ | 38427,10   | 7733,20     | 4,97   | <0,000 |
| $\beta_{11}$ | -74467,40  | 13774,20    | -5,41  | <0,000 |
| $\beta_{12}$ | -49801,60  | 11740,00    | -4,24  | <0,000 |
| $\beta_{13}$ | -33661,20  | 12046,50    | -2,79  | 0,005  |
| $\beta_{14}$ | -77920,00  | 12872,00    | -6,05  | <0,000 |
| $\beta_{15}$ | 18745,70   | 11157,60    | 1,68   | 0,093  |
| $\beta_{16}$ | 30347,10   | 9854,30     | 3,08   | 0,002  |

**Tabel 4.4** Hasil Uji Residual Model ARIMAX Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan Domestik

|       | Lag | df | $\chi^2$ | p     | D     |
|-------|-----|----|----------|-------|-------|
| $Z_1$ | 12  | 4  | 4,47     | 0,346 | 0,054 |
|       | 18  | 10 | 13,06    | 0,220 |       |
|       | 24  | 16 | 16,94    | 0,390 |       |
|       | 30  | 22 | 25,36    | 0,280 |       |
|       | 36  | 28 | 31,74    | 0,285 |       |

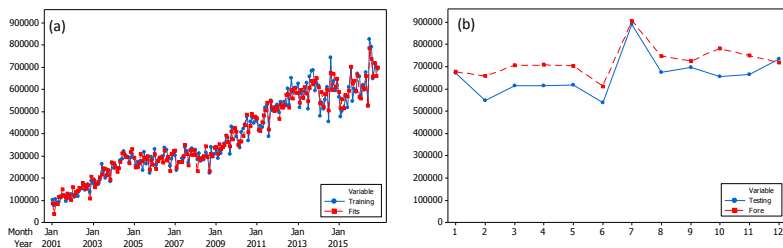
Model ARIMAX dari jumlah penumpang keberangkatan domestik di Bandar Udara Internasional Juanda secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Z_{1,t} = & 70900,7 + 5032t + 194389,8D_1 - 213082,8D_2 + 177814D_3 - 4578,7D_4t \\
 & - 2828,2D_5t - 55367,5M_2 - 17406,1M_3 - 32717,2M_4 + 38427,1M_7 \\
 & - 74467,4L_{1(t-1)} - 49801,6L_{2(t-1)} - 33661,2L_{3(t)} - 77920L_{4(t)} + 18745,7L_{2(t+1)} \\
 & + 30347,1L_{4(t+1)} + N_{1,t},
 \end{aligned} \quad (4.1)$$

dengan

$$N_{1,t} = \frac{1}{(1 + 0,34B^2 - 0,19B^{10} + 0,48B^{12} - 0,19B^{16} - 0,24B^{17} + 0,17B^{23} - 0,19B^{24} - 0,36B^{25})} \varepsilon_{1,t}.$$

Jika dibandingkan dengan standar deviasi, pemodelan ARIMAX dapat menurunkan kesalahan sebesar 86%. *Time series plot* perbandingan nilai ramalan dan data asli dengan model ARIMAX digambarkan pada Gambar 4.4.



**Gambar 4.4** Plot Time Series Perbandingan Data Training dan Fits (a) serta Data Testing dan Ramalan (b) Model ARIMAX Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan Domestik

## 2. Uji White

Sebelum melakukan pemodelan nonlinier, dilakukan pengujian linieritas dengan uji *white* sebagai berikut:

**Tabel 4.5** Hasil Uji White

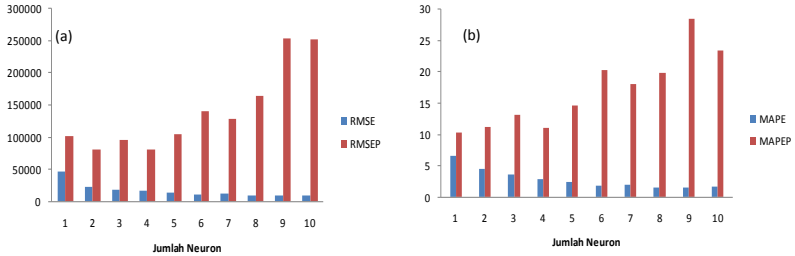
| Pengulangan | $F$  | $P$  |
|-------------|------|------|
| 1           | 0,13 | 0,88 |
| 2           | 2,85 | 0,06 |
| 3           | 0,16 | 0,85 |
| 4           | 2,95 | 0,06 |
| 5           | 2,77 | 0,07 |
| 6           | 0,32 | 0,73 |
| 7           | 0,10 | 0,90 |
| 8           | 0,32 | 0,73 |
| 9           | 0,38 | 0,68 |
| 10          | 0,31 | 0,73 |

Pengujian diatas menunjukkan bahwa jumlah penumpang keberangkatan domestik di Bandar Udara Internasional Juanda berpola linier. Namun variabel tersebut tetap dilakukan pemodelan dalam metode nonlinier, yaitu model FFNN, DLNN, dan *hybrid*.

## 3. Pemodelan FFNN

Sebelum melakukan pemodelan FFNN, dilakukan *pre-processing* pada jumlah penumpang keberangkatan domestik di Bandar Udara Internasional Juanda menggunakan normalisasi  $[0,1]$ . *Input layer* terdiri dari komponen pada model ARIMAX, yaitu:  $t, D_1, D_2, D_3, \dots, L_{4(t+1)}$ ; serta  $Z_{1,t-2}, Z_{1,t-10}, Z_{1,t-12}, \dots, Z_{1,t-25}$ . Jumlah neuron pada *hidden layer* sebanyak 1 hingga 10 neuron. *Output layer* berjumlah satu, yaitu prediksi jumlah penumpang keberangkatan domestik di Bandar Udara Internasional Juanda. Proses pemodelan FFNN menggunakan fungsi aktivasi sigmoid pada *hidden layer* dan fungsi aktivasi linier pada *output layer*. Proses dilakukan dengan replikasi sebanyak 10 kali untuk masing-masing jumlah neuron.

Hasil dari proses tersebut didapatkan nilai akurasi model berupa RMSE, RMSEP, MAPE dan MAPEP digambarkan pada Gambar 4.5.



**Gambar 4.5** Grafik Nilai RMSE dan RMSEP (a) serta MAPE dan MAPEP (b) Model FFNN Jumlah Penumpang Keberangkatan Domestik

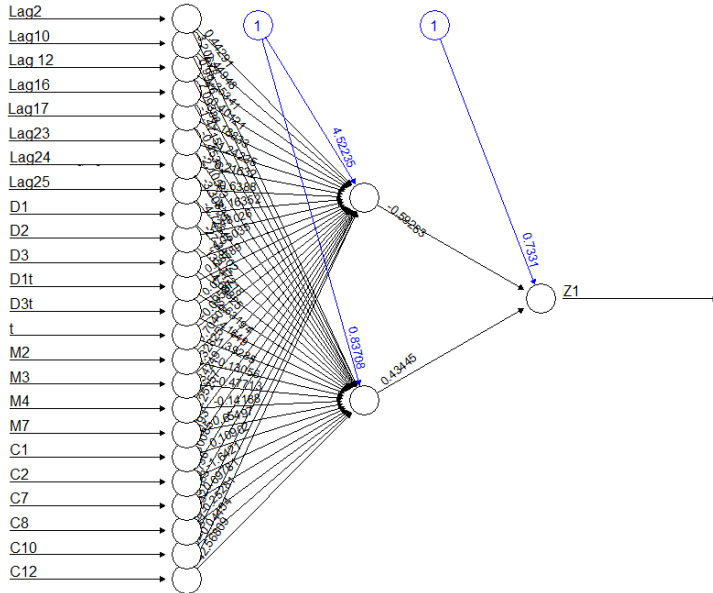
Gambar 4.5 menunjukkan semakin banyak jumlah neuron yang digunakan akan menghasilkan nilai kesalahan RMSE dan MAPE pada data *training* yang semakin kecil. Namun semakin banyak jumlah neuron akan menghasilkan nilai kesalahan RMSEP dan MAPEP pada data *testing* yang cenderung semakin besar. Fenomena tersebut dalam statistika disebut *overfitting*, yang merupakan suatu kejadian dalam pemodelan kuantitatif, dimana jika jumlah parameter bertambah maka nilai kesalahan dalam memodelkan data *training* akan berkurang, namun nilai kesalahan prediksi data *testing* akan bertambah. Maka diperlukan pemilihan jumlah neuron untuk mendapatkan nilai kesalahan terkecil untuk dapat meramalkan jumlah penumpang keberangkatan domestik di Bandar Udara Internasional Juanda. Berdasarkan nilai RMSEP terkecil pada data *testing*, model FFNN terbaik yaitu FFNN (24,2,1), dengan arsitektur model pada Gambar 4.6, dan secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$\hat{Z}_{1t}^s = 0,73 - 0,59f_1^h + 0,43f_2^h, \quad (4.2)$$

dengan:

$$f_1^h(.) = (1 + \exp(-(4,52 + 0,44Z_{1,t-1} + 2,45Z_{1,t-10} + 1,35Z_{1,t-12} + 0,4Z_{1,t-16} + 1,19Z_{1,t-17} - 1,24Z_{1,t-23} + 0,22Z_{1,t-24} - 0,64Z_{1,t-25} - 0,1t - 4,16D_1 + 4,48D_2 - 4,05D_3 + 0,09D_1t + 0,07D_3t + 0,7M_2 + 0,33M_3 + 0,34M_4 - 0,25M_7 + 1,19L_{1(t-1)} + 0,97L_{2(t-1)} + 1,23L_{3(t)} - 0,35L_{4(t)} - 0,04L_{2(t-1)} - 0,03L_{4(t-1)})))^{-1},$$

$$f_2^h(.) = (1 + \exp(-(0,84 + 3,21Z_{1,t-1} + 0,99Z_{1,t-10} + 7,09Z_{1,t-12} - 1,47Z_{1,t-16} - 0,45Z_{1,t-17} - 2,11Z_{1,t-23} - 2,11Z_{1,t-24} - 4,73Z_{1,t-25} - 1,39t - 27,39D_1 + 132,37D_2 - 4,69D_3 - 12,63D_1t + 1,42D_3t - 0,13M_2 - 0,48M_3 - 0,14M_4 + 0,65M_7 + 0,11L_{1(t-1)} - 1,64L_{2(t-1)} + 0,69L_{3(t)} - 0,25L_{4(t)} - 0,04L_{2(t-1)} + 42,57L_{4(t-1)})))^{-1}.$$

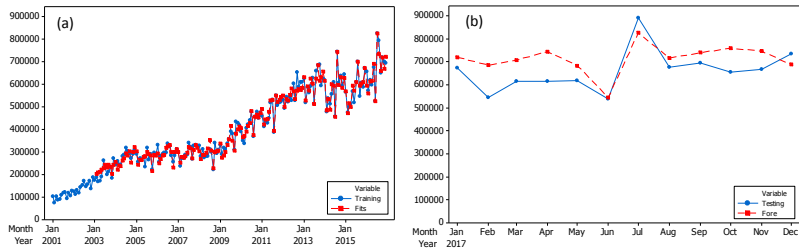


**Gambar 4.6** Arsitektur FFNN (24,2,1) Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan Domestik

Jika dibandingkan dengan standar deviasi, pemodelan FFNN dapat menurunkan kesalahan sebesar 56%. *Time series*



*plot* perbandingan nilai ramalan dan data asli dengan model FFNN (24,2,1) digambarkan pada Gambar 4.7.



**Gambar 4.7** *Plot Time Series* Perbandingan Data *Training* dan *Fits* (a) serta Data *Testing* dan Ramalan (b) Model FFNN Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan Domestik

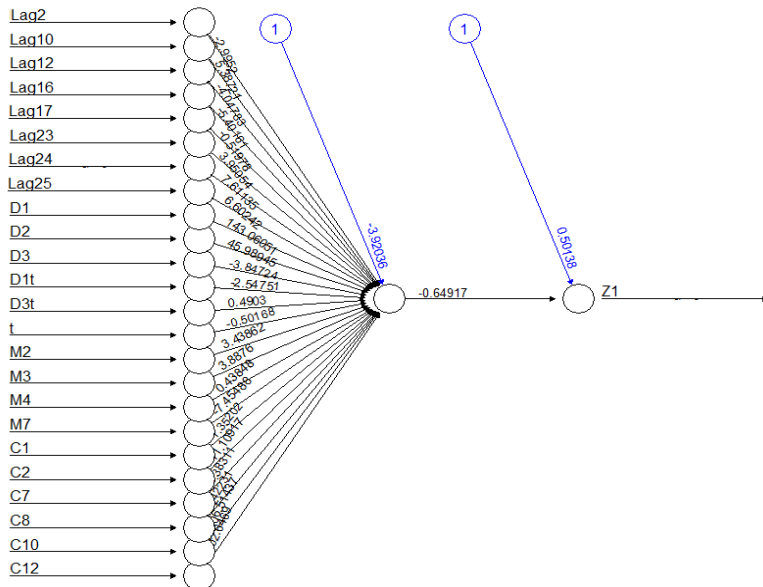
#### 4. Pemodelan *Hybrid* ARIMAX dan FFNN

Terdapat dua level dalam pemodelan *hybrid* ARIMAX-FFNN untuk jumlah penumpang keberangkatan domestik di Bandar Udara Internasional Juanda. Level pertama yaitu pemodelan ARIMAX yang telah dilakukan pada poin 1, dan didapatkan model ARIMAX yang dijelaskan pada Persamaan 4.1. Level kedua memodelkan residual dari model ARIMAX tersebut dengan FFNN. Pemodelan bertujuan untuk menangkap komponen nonlinier yang dianggap masih terdapat dalam residual model ARIMAX tersebut.

Sebelum melakukan pemodelan *hybrid*, dilakukan *pre-processing* pada jumlah penumpang keberangkatan domestik di Bandar Udara Internasional Juanda menggunakan normalisasi [0,1]. Jumlah neuron pada *hidden layer* sebanyak 1 hingga 10 neuron. *Output layer* berjumlah satu, yaitu prediksi jumlah penumpang keberangkatan domestik di Bandar Udara Internasional Juanda. Proses pemodelan FFNN menggunakan fungsi aktivasi sigmoid pada *hidden layer* dan fungsi aktivasi linier pada *output layer*. Proses dilakukan dengan replikasi sebanyak 10 kali untuk masing-masing jumlah neuron. Terdapat dua skenario *input layer* yang akan dimasukkan dalam pemodelan *hybrid* ARIMAX-FFNN. Skenario pertama menggunakan seluruh

komponen model ARIMAX, antara lain *lag* AR, komponen tren, musiman serta efek variasi kalender. Skenario kedua yaitu *lag* AR pada model ARIMAX.

Pemodelan *hybrid* ARIMAX-FFNN untuk skenario *input layer* pertama, terdiri dari seluruh komponen model ARIMAX yaitu  $t, D_1, D_2, D_3, \dots, L_{4(t+1)}$ ; serta  $Z_{1,t-2}, Z_{1,t-10}, Z_{1,t-12}, \dots, Z_{1,t-25}$ . Berdasarkan nilai RMSEP terkecil, model *hybrid* ARIMAX-FFNN terbaik yaitu dengan komposisi *layer* (24,1,1). Arsitektur *hybrid* ARIMAX-FFNN (24,1,1) untuk jumlah penumpang keberangkatan domestik di Bandar Udara Internasional Juanda dijelaskan pada Gambar 4.8.



**Gambar 4.8** Arsitektur *Hybrid* ARIMAX-FFNN (24,1,1) Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan Domestik

Model *hybrid* ARIMAX-FFNN (24,1,1) secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$Z_{1,t} = \hat{L}_{1,t}^{(1)} + \hat{N}_{1,t}^{(2)}, \quad (4.3)$$

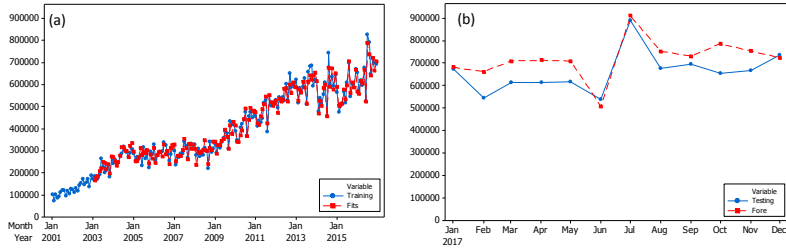
dimana  $\hat{L}_{1,t}^{(1)}$  merupakan model ARIMAX dan  $\hat{N}_{1,t}^{(2)}$  sebagai berikut:

$$\hat{N}_{1,t}^{(1)} = 0,50 - 0,65 f_1^h, \quad (4.4)$$

dengan:

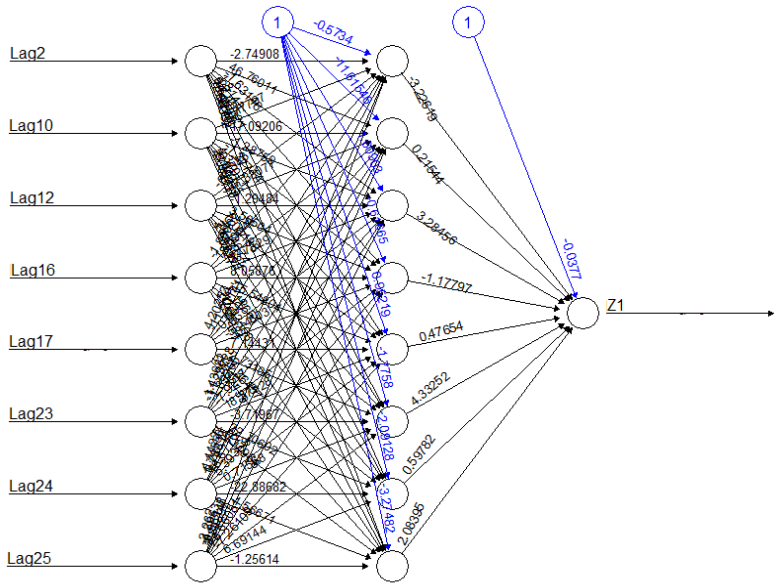
$$\begin{aligned} f_1^h(.) = & (1 + \exp(-(-3,92 - 3,00Z_{1,t-1} + 5,39Z_{1,t-10} - 4,05Z_{1,t-12} - 5,4Z_{1,t-16} \\ & - 0,52Z_{1,t-17} + 3,95Z_{1,t-23} + 7,61Z_{1,t-24} + 6,60Z_{1,t-25} - 0,50t \\ & + 143,06D_1 + 45,99D_2 - 3,85D_3 - 2,55D_4t + 0,49D_3t + 3,44M_2 \\ & + 3,89M_3 + 0,44M_4 - 7,45M_7 + 1,35L_{1(t-1)} + 11,11L_{2(t-1)} + 3,38L_{3(t)} \\ & + 9,42L_{4(t)} - 206,51L_{2(t-1)} - 202,65L_{4(t-1)})))^{-1}. \end{aligned}$$

Jika dibandingkan dengan standar deviasi, pemodelan *hybrid* ARIMAX-FFNN (24,1,1) dapat menurunkan kesalahan sebesar 57%. *Time series plot* perbandingan nilai ramalan dan data asli dengan model *hybrid* ARIMAX-FFNN (24,1,1) dijelaskan pada Gambar 4.9.



**Gambar 4.9** *Plot Time Series* Perbandingan Data *Training* dan *Fits* (a) serta Data *Testing* dan Ramalan (b) Model *Hybrid* ARIMAX-FFNN (24,1,1) Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan Domestik

Pemodelan *hybrid* ARIMAX-FFNN untuk skenario *input layer* kedua, terdiri dari  $Z_{1,t-2}, Z_{1,t-10}, Z_{1,t-12}, \dots, Z_{1,t-25}$ . Berdasarkan nilai RMSEP terkecil, model *hybrid* ARIMAX-FFNN terbaik yaitu dengan komposisi *layer* (8,8,1), dengan arsitektur pada Gambar 4.10.



**Gambar 4.10** Arsitektur *Hybrid* ARIMAX-FFNN (8,8,1) Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan Domestik

Model *hybrid* ARIMAX-FFNN (8,8,1) secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$Z_{1,t} = \hat{L}_{1,t}^{(1)} + \hat{N}_{1,t}^{(2)}, \quad (4.5)$$

dimana  $\hat{L}_{1,t}^{(1)}$  merupakan model ARIMAX dan  $\hat{N}_{1,t}^{(2)}$  sebagai berikut:

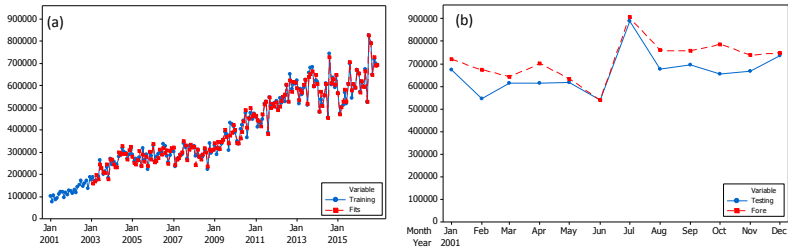
$$\begin{aligned} \hat{N}_{1,t} = & -0,04 - 3,23f_1^h + 0,22f_2^h + 3,28f_3^h - 1,18f_4^h \\ & + 0,48f_5^h + 4,33f_6^h + 0,6f_7^h + 2,08f_8^h, \end{aligned} \quad (4.6)$$

dengan:

$$\begin{aligned} f_1^h(\cdot) = & (1 + \exp(-(-0,57 - 2,75Z_{1,t-1} + 2,78Z_{1,t-10} - 0,53Z_{1,t-12} - 1,88Z_{1,t-16} \\ & + 4,20Z_{1,t-17} - 1,44Z_{1,t-23} - 1,11Z_{1,t-24} - 2,26Z_{1,t-25})))^{-1}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f_2^h(.) &= (1 + \exp(-(-11,62 + 46,76Z_{1,t-1} + 17,09Z_{1,t-10} - 37,33Z_{1,t-12} + 18,09Z_{1,t-16} \\
&\quad - 11,20Z_{1,t-17} - 11,24Z_{1,t-23} + 1,75Z_{1,t-24} - 4,40Z_{1,t-25})))^{-1}, \\
f_3^h(.) &= (1 + \exp(-(-1,61 - 1,63Z_{1,t-1} - 1,29Z_{1,t-10} - 1,29Z_{1,t-12} - 0,77Z_{1,t-16} \\
&\quad - 0,33Z_{1,t-17} - 1,89Z_{1,t-23} + 0,79Z_{1,t-24} - 0,96Z_{1,t-25})))^{-1}, \\
f_4^h(.) &= (1 + \exp(-(-0,62 + 1,81Z_{1,t-1} - 1,38Z_{1,t-10} + 3,51Z_{1,t-12} + 8,06Z_{1,t-16} \\
&\quad - 5,25Z_{1,t-17} - 7,93Z_{1,t-23} + 18,68Z_{1,t-24} + 2,85Z_{1,t-25})))^{-1}, \\
f_5^h(.) &= (1 + \exp(-(-0,95 - 27,46Z_{1,t-1} + 4,38Z_{1,t-10} + 0,08Z_{1,t-12} - 15,55Z_{1,t-16} \\
&\quad + 7,14Z_{1,t-17} + 18,38Z_{1,t-23} + 5,39Z_{1,t-24} + 28,66Z_{1,t-25})))^{-1}, \\
f_6^h(.) &= (1 + \exp(-(-1,78 + 0,65Z_{1,t-1} - 0,92Z_{1,t-10} - 5,15Z_{1,t-12} + 5,12Z_{1,t-16} \\
&\quad + 2,73Z_{1,t-17} - 3,72Z_{1,t-23} + 0,72Z_{1,t-24} - 7,26Z_{1,t-25})))^{-1}, \\
f_7^h(.) &= (1 + \exp(-(-2,09 + 18,05Z_{1,t-1} - 5,90Z_{1,t-10} + 28,46Z_{1,t-12} - 17,32Z_{1,t-16} \\
&\quad - 1,361Z_{1,t-17} + 22,71Z_{1,t-23} - 22,89Z_{1,t-24} + 6,69Z_{1,t-25})))^{-1}, \\
f_8^h(.) &= (1 + \exp(-(-0,04 - 3,23Z_{1,t-1} + 0,22Z_{1,t-10} + 3,28Z_{1,t-12} - 1,18Z_{1,t-16} \\
&\quad + 0,48Z_{1,t-17} + 4,33Z_{1,t-23} + 0,60Z_{1,t-24} + 2,08Z_{1,t-25})))^{-1}.
\end{aligned}$$

Jika dibandingkan dengan standar deviasi, pemodelan *hybrid* ARIMAX-FFNN (8,8,1) dapat menurunkan kesalahan sebesar 61%. *Time series plot* perbandingan nilai ramalan dan data asli dengan model *hybrid* ARIMAX-FFNN (8,8,1) digambarkan pada Gambar 4.11.

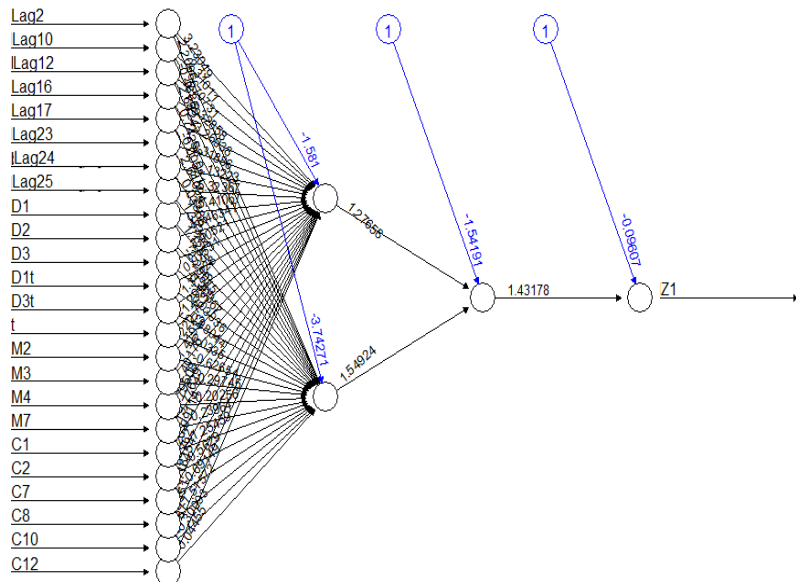


**Gambar 4.11** *Plot Time Series* Perbandingan Data *Training* dan *Fits* (a) serta Data *Testing* dan Ramalan (b) Model *Hybrid* ARIMAX-FFNN (8,8,1) Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan Domestik

## 5. Pemodelan DLNN

Proses pemodelan DLNN sama dengan proses pemodelan FFNN. Perbedaannya adalah pada jumlah *hidden layer*, yaitu

sebanyak dua. Jumlah neuron pada masing-masing *hidden layer* mulai 1 hingga 10 neuron, sehingga pemodelan menggunakan 100 kombinasi jumlah neuron pada masing-masing *hidden layer*. Proses dilakukan dengan replikasi sebanyak 10 kali untuk masing-masing kombinasi neuron. Proses pemodelan DLNN menggunakan fungsi aktivasi sigmoid pada *hidden layer* dan fungsi aktivasi linier pada *output layer*. Proses dilakukan dengan replikasi sebanyak 10 kali untuk masing-masing kombinasi neuron. Hasil dari proses tersebut didapatkan nilai akurasi model berupa RMSE, RMSEP, MAPE dan MAPEP. Berdasarkan nilai RMSEP terkecil, model DLNN terbaik yaitu DLNN (24,2,1,1). Arsitektur model DLNN terbaik untuk jumlah penumpang keberangkatan domestik di Bandar Udara Internasional Juanda digambarkan pada Gambar 4.12.



**Gambar 4.12** Arsitektur DLNN (24,2,1,1) Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan Domestik

Model DLNN (24,2,1,1) secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$\hat{Z}_{1,t} = -0,10 + 1,43 f_1^{h_2}, \quad (4.7)$$

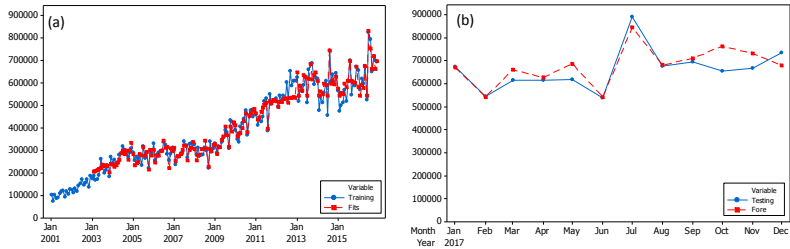
dengan:

$$f_1^{h_2}(\cdot) = \left( 1 + \exp \left( - \left( -5,3 + 1,28 f_1^h + 1,55 f_2^h \right) \right) \right)^{-1},$$

$$\begin{aligned} f_1^{h_1}(\cdot) = & (1 + \exp(-(-1,58 + 3,23Z_{1,t-1} - 2,31Z_{1,t-10} + 3,71Z_{1,t-12} - 2,33Z_{1,t-16} \\ & - 3,27Z_{1,t-17} + 0,32Z_{1,t-23} - 2,13Z_{1,t-24} - 5,32Z_{1,t-25} - 1,29t + 15,41D_1 \\ & + 15,46D_2 - 3,01D_3 + 0,98D_1t + 1,34D_3t - 220,76M_2 - 1,42M_3 \\ & - 1,40M_4 + 1,80M_7 - 219,78L_{1(t-1)} - 220,99L_{2(t-1)} - 1,65L_{3(t)} \\ & - 220,16L_{4(t)} + 0,28L_{2(t-1)} + 2,07L_{4(t-1)})))^{-1}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_2^{h_1}(\cdot) = & (1 + \exp(-(-3,74 + 2,21Z_{1,t-1} - 0,47Z_{1,t-10} + 2,64Z_{1,t-12} + 0,74Z_{1,t-16} \\ & - 0,01Z_{1,t-17} + 2,64Z_{1,t-23} + 0,03Z_{1,t-24} + 1,38Z_{1,t-25} + 0,03t + 1,12D_1 \\ & - 2,29D_2 - 0,30D_3 - 0,04D_1t + 0,98D_3t - 0,63M_2 - 0,30M_3 \\ & - 0,20M_4 + 0,24M_7 - 1,25L_{1(t-1)} - 0,56L_{2(t-1)} - 0,69L_{3(t)} - 1,52L_{4(t)} \\ & + 0,30L_{2(t-1)} - 0,04L_{4(t-1)})))^{-1}. \end{aligned}$$

Jika dibandingkan dengan standar deviasi, pemodelan DLNN dapat menurunkan kesalahan sebesar 73%. *Time series plot* perbandingan nilai ramalan dan data asli dengan model DLNN digambarkan pada Gambar 4.13.



**Gambar 4.13** *Plot Time Series* Perbandingan Data *Training* dan *Fits* (a) serta Data *Testing* dan Ramalan (b) Model DLNN (24,2,1,1) Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan Domestik

## 6. Pemodelan *Hybrid* ARIMAX dan DLNN

Proses pemodelan *hybrid* ARIMAX-DLNN sama dengan proses pemodelan *hybrid* ARIMAX-FFNN. Perbedaannya adalah

pada jumlah *hidden layer*, yaitu sebanyak dua. Jumlah neuron pada masing-masing *hidden layer* mulai 1 hingga 10 neuron, sehingga pemodelan menggunakan 100 kombinasi jumlah neuron. Proses dilakukan dengan replikasi sebanyak 10 kali untuk masing-masing kombinasi neuron.

Terdapat dua level dalam pemodelan *hybrid* ARIMAX-DLNN untuk jumlah penumpang keberangkatan domestik di Bandar Udara Internasional Juanda. Level pertama yaitu pemodelan ARIMAX yang telah dilakukan pada poin 1, dan didapatkan model ARIMAX yang dijelaskan pada Persamaan 4.1. Level kedua memodelkan residual dari model ARIMAX tersebut dengan DLNN. Pemodelan bertujuan untuk menangkap komponen nonlinier yang dianggap masih terdapat dalam residual model ARIMAX tersebut.

Pemodelan *hybrid* ARIMAX-DLNN untuk skenario *input layer* pertama, didapatkan model terbaik dengan nilai RMSEP terkecil yaitu model *hybrid* ARIMAX-DLNN (24,10,9,1). Arsitektur model *hybrid* ARIMAX-DLNN terbaik dari jenis *input layer* pertama untuk jumlah penumpang keberangkatan domestik di Bandar Udara Internasional Juanda dapat dilihat pada Gambar 4.14. Model *hybrid* ARIMAX-DLNN (24,10,9,1) secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$Z_{1,t} = \hat{L}_{1,t}^{(1)} + \hat{N}_{1,t}^{(2)}, \quad (4.8)$$

dimana  $\hat{L}_{1,t}^{(1)}$  merupakan model ARIMAX dan  $\hat{N}_{1,t}^{(2)}$  sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \hat{N}_{1,t} = & 1,33 + 0,62f_1^{h_2} - 0,79f_2^{h_2} + 0,50f_3^{h_2} - 1,19f_4^{h_2} + 0,53f_5^{h_2} \\ & - 0,94f_6^{h_2} - 0,92f_7^{h_2} + 0,28f_8^{h_2} - 0,53f_9^{h_2} \end{aligned} \quad (4.9)$$

dengan:

$$\begin{aligned} f_1^{h_2}(\cdot) = & (1 + \exp(-(1,47 - 0,33f_1^h + 0,67f_2^h + 45,38f_3^h + 0,87f_4^h - 0,24f_5^h \\ & - 2,92f_6^h + 1,27f_7^h + 0,83f_8^h - 4,47f_9^h - 0,26f_{10}^h)))^{-1}, \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
f_2^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(0, 14 - 40, 51f_1^h - 0, 39f_2^h - 13, 12f_3^h - 1, 23f_4^h - 0, 26f_5^h \\
&\quad + 3, 22f_6^h - 16, 70f_7^h + 3, 23f_8^h - 3394, 88f_9^h + 0, 65f_{10}^h)))^{-1}, \\
f_3^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-1, 72 - 5, 75f_1^h + 0, 96f_2^h + 7, 69f_3^h - 0, 46f_4^h - 0, 55f_5^h \\
&\quad - 0, 01f_6^h + 1, 05f_7^h + 0, 50f_8^h + 3, 88f_9^h + 2, 86f_{10}^h)))^{-1}, \\
f_4^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(0, 23 - 2, 27f_1^h - 2, 22f_2^h + 43, 10f_3^h - 0, 82f_4^h + 1, 14f_5^h \\
&\quad - 2, 75f_6^h + 0, 90f_7^h + 0, 23f_8^h + 5, 19f_9^h + 1, 51f_{10}^h)))^{-1}, \\
f_5^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-1, 19 - 1, 44f_1^h + 1, 08f_2^h + 69, 48f_3^h + 1, 17f_4^h - 0, 72f_5^h \\
&\quad - 2, 46f_6^h - 0, 47f_7^h - 0, 96f_8^h + 14, 88f_9^h + 2, 30f_{10}^h)))^{-1}, \\
f_6^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-0, 54 - 1, 28f_1^h + 0, 67f_2^h - 60, 88f_3^h - 0, 38f_4^h + 0, 05f_5^h \\
&\quad - 0, 28f_6^h + 2, 75f_7^h - 0, 70f_8^h - 0, 22f_9^h - 0, 87f_{10}^h)))^{-1}, \\
f_7^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-1, 90 + 2, 16f_1^h + 0, 81f_2^h - 30, 20f_3^h - 0, 05f_4^h + 1, 22f_5^h \\
&\quad - 0, 16f_6^h - 1, 46f_7^h + 3, 83f_8^h - 1, 02f_9^h - 2, 43f_{10}^h)))^{-1}, \\
f_8^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-0, 05 + 73, 83f_1^h - 1, 76f_2^h - 24, 14f_3^h + 1, 14f_4^h - 1, 09f_5^h \\
&\quad - 1, 68f_6^h - 6, 54f_7^h + 0, 09f_8^h + 53, 51f_9^h + 1, 40f_{10}^h)))^{-1}, \\
f_9^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-0, 97 - 5, 50f_1^h - 2, 56f_2^h + 22, 92f_3^h - 0, 13f_4^h - 0, 68f_5^h \\
&\quad - 0, 72f_6^h - 0, 77f_7^h + 0, 52f_8^h + 2, 67f_9^h - 1, 91f_{10}^h)))^{-1}, \\
f_1^{h_1}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-1, 08 - 0, 10Z_{1,j-1} + 4, 43Z_{1,j-10} + 0, 11Z_{1,j-12} - 1, 91Z_{1,j-16} \\
&\quad - 3, 20Z_{1,j-17} - 1, 56Z_{1,j-23} - 3, 07Z_{1,j-24} + 3, 83Z_{1,j-25} - 0, 06t + 6, 78D_1 \\
&\quad + 8, 13D_2 + 1, 68D_3 - 0, 13D_1t + 0, 03D_3t - 711, 09M_2 - 0, 31M_3 \\
&\quad + 1, 08M_4 - 1, 61M_7 - 0, 10L_{1(t-1)} - 102, 23L_{2(t-1)} + 0, 83L_{3(t)} \\
&\quad - 341, 38L_{4(t)} + 2, 11L_{2(t-1)} + 1, 24L_{4(t-1)})))^{-1}, \\
f_2^{h_1}(\cdot) &= (1 + \exp(-(1, 50 + 8, 29Z_{1,j-1} + 4, 80Z_{1,j-10} - 8, 83Z_{1,j-12} - 1, 22Z_{1,j-16} \\
&\quad - 3, 24Z_{1,j-17} - 8, 106Z_{1,j-23} + 2, 69Z_{1,j-24} - 2, 64Z_{1,j-25} - 0, 03t \\
&\quad + 0, 33D_1 - 3, 79D_2 + 0, 61D_3 - 0, 03D_1t + 2, 76D_3t - 3, 66M_2 \\
&\quad + 6, 64M_3 - 2, 34M_4 + 1, 38M_7 - 417, 87L_{1(t-1)} + 0, 31L_{2(t-1)} \\
&\quad + 4, 61L_{3(t)} - 3, 95L_{4(t)} - 2, 14L_{2(t-1)} - 3, 92L_{4(t-1)})))^{-1}, \\
f_3^{h_1}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-1, 31 - 1, 88Z_{1,j-1} - 4, 00Z_{1,j-10} + 1, 31Z_{1,j-12} + 1, 32Z_{1,j-16} \\
&\quad - 1, 15Z_{1,j-17} - 2, 65Z_{1,j-23} + 4, 07Z_{1,j-24} - 0, 38Z_{1,j-25} - 0, 17t + 1, 02D_1 \\
&\quad - 125, 99D_2 + 6, 62D_3 - 0, 02D_1t + 0, 10D_3t - 0, 86M_2 - 3, 78M_3 \\
&\quad - 707, 55M_4 - 3, 38M_7 - 0, 76L_{1(t-1)} + 3, 57L_{2(t-1)} - 22, 62L_{3(t)} \\
&\quad + 0, 15L_{4(t)} - 9, 46L_{2(t-1)} - 2, 53L_{4(t-1)})))^{-1},
\end{aligned}$$

$$f_4^{h_1} (.) = (1 + \exp(-(-3, 13 + 6, 37Z_{1,t-1} + 1, 98Z_{1,t-10} - 2, 53Z_{1,t-12} - 1, 25Z_{1,t-16} - 4, 99Z_{1,t-17} - 3, 13Z_{1,t-23} - 6, 70Z_{1,t-24} + 3, 43Z_{1,t-25} + 0, 41t - 2, 72D_1 - 34, 26D_2 + 2, 07D_3 - 0, 24D_1t + 0, 86D_3t + 5, 87M_2 - 6, 27M_3 - 3, 43M_4 + 36, 36M_7 + 36, 55L_{1(t-1)} + 32, 66L_{2(t-1)} - 3, 57L_{3(t)} - 6, 62L_{4(t)} - 0, 64L_{2(t-1)} - 2, 29L_{4(t-1)})))^{-1},$$

$$f_5^{h_1} (.) = (1 + \exp(-(-0, 88 - 0, 57Z_{1,t-1} - 0, 89Z_{1,t-10} - 2, 13Z_{1,t-12} - 1, 24Z_{1,t-16} + 0, 56Z_{1,t-17} - 1, 17Z_{1,t-23} + 0, 74Z_{1,t-24} + 0, 65Z_{1,t-25} + 1, 50t - 0, 07D_1 + 0, 42D_2 - 0, 31D_3 + 1, 59D_1t - 0, 29D_3t + 0, 15M_2 + 0, 57M_3 + 0, 60M_4 + 1, 79M_7 - 0, 62L_{1(t-1)} + 0, 71L_{2(t-1)} - 0, 78L_{3(t)} - 1, 02L_{4(t)} - 0, 55L_{2(t-1)} + 0, 77L_{4(t-1)})))^{-1},$$

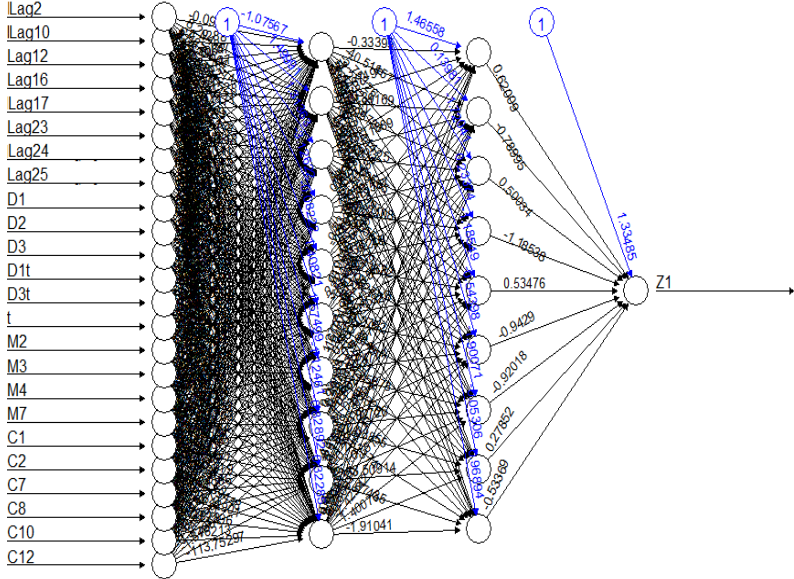
$$f_6^{h_1} (.) = (1 + \exp(-(1, 41 + 3, 46Z_{1,t-1} + 9, 51Z_{1,t-10} - 2, 77Z_{1,t-12} - 7, 18Z_{1,t-16} - 6, 56Z_{1,t-17} + 6, 11Z_{1,t-23} + 3, 81Z_{1,t-24} - 6, 87Z_{1,t-25} + 0, 06t - 0, 41D_1 - 6, 16D_2 + 3, 17D_3 - 0, 10D_1t - 0, 03D_3t - 3, 37M_2 - 2, 92M_3 - 0, 74M_4 + 51, 30M_7 + 2, 93L_{1(t-1)} - 58, 80L_{2(t-1)} + 0, 12L_{3(t)} - 4, 35L_{4(t)} - 2, 13L_{2(t-1)} + 1, 77L_{4(t-1)})))^{-1},$$

$$f_7^{h_1} (.) = (1 + \exp(-(1, 58 + 2, 95Z_{1,t-1} - 2, 19Z_{1,t-10} - 2, 94Z_{1,t-12} - 3, 23Z_{1,t-16} + 0, 08Z_{1,t-17} + 0, 41Z_{1,t-23} - 3, 55Z_{1,t-24} - 5, 07Z_{1,t-25} + 0, 41t - 4, 97D_1 + 30, 89D_2 - 0, 35D_3 - 14, 74D_1t - 0, 38D_3t + 0, 02M_2 - 5, 36M_3 - 2, 09M_4 - 1, 74M_7 - 1, 45L_{1(t-1)} - 2, 03L_{2(t-1)} + 0, 51L_{3(t)} - 75, 66L_{4(t)} + 0, 88L_{2(t-1)} - 9, 08L_{4(t-1)})))^{-1},$$

$$f_8^{h_1} (.) = (1 + \exp(-(-1, 13 + 3, 67Z_{1,t-1} + 3, 84Z_{1,t-10} - 0, 76Z_{1,t-12} - 3, 60Z_{1,t-16} + 0, 78Z_{1,t-17} - 4, 89Z_{1,t-23} - 2, 47Z_{1,t-24} - 1, 88Z_{1,t-25} + 0, 14t + 1, 65D_1 - 12, 55D_2 + 0, 29D_3 - 0, 15D_1t + 0, 74D_3t - 3, 18M_2 + 3, 19M_3 + 1, 77M_4 + 2, 75M_7 + 1, 20L_{1(t-1)} - 0, 59L_{2(t-1)} + 0, 99L_{3(t)} - 1, 83L_{4(t)} + 2, 09L_{2(t-1)} - 0, 14L_{4(t-1)})))^{-1},$$

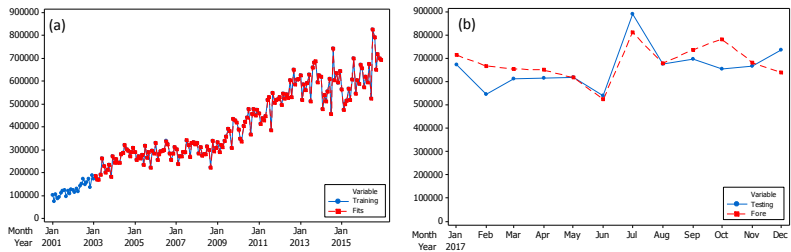
$$f_9^{h_1} (.) = (1 + \exp(-(-0, 83 + 5, 79Z_{1,t-1} + 1, 16Z_{1,t-10} - 2, 64Z_{1,t-12} + 1, 56Z_{1,t-16} - 2, 72Z_{1,t-17} + 0, 47Z_{1,t-23} + 1, 15Z_{1,t-24} + 0, 06Z_{1,t-25} - 0, 05t - 28, 00D_1 + 3, 91D_2 - 3, 74D_3 - 13, 74D_1t - 4, 89D_3t + 0, 66M_2 + 0, 16M_3 - 7, 19M_4 - 1, 10M_7 + 1, 28L_{1(t-1)} + 2, 15L_{2(t-1)} + 3, 05L_{3(t)} + 1, 58L_{4(t)} + 0, 13L_{2(t-1)} - 1, 87L_{4(t-1)})))^{-1},$$

$$f_{10}^h(.) = (1 + \exp(-(-0,32 + 2,36Z_{1,t-1} + 2,21Z_{1,t-10} + 2,61Z_{1,t-12} - 2,51Z_{1,t-16} + 1,90Z_{1,t-17} - 0,95Z_{1,t-23} - 3,90Z_{1,t-24} + 0,35Z_{1,t-25} - 1,40t + 1,43D_1 - 575,58D_2 + 4,78D_3 + 1,34D_1t + 1,35D_3t + 0,76M_2 + 3,24M_3 + 2,76M_4 + 3,39M_7 + 0,85L_{1(t-1)} - 388,39L_{2(t-1)} - 23,43L_{3(t)} + 0,93L_{4(t)} + 3,46L_{2(t-1)} - 113,75L_{4(t-1)})))^{-1}.$$



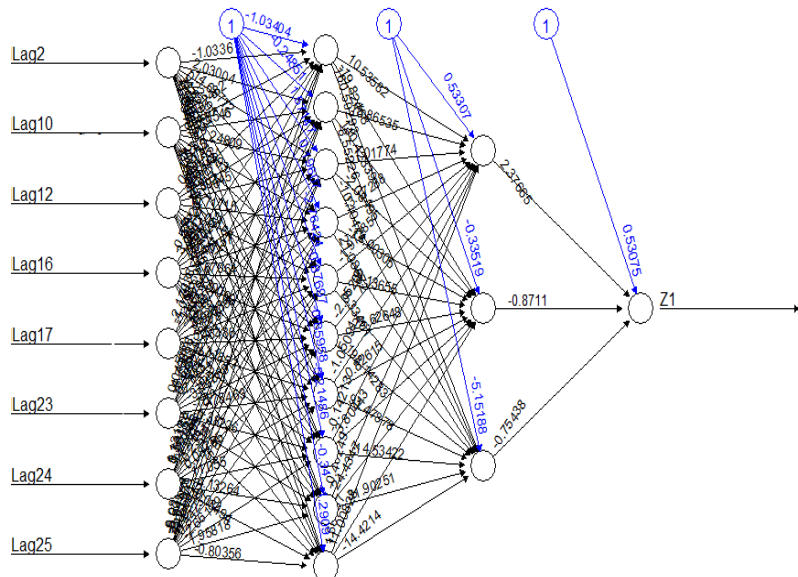
**Gambar 4.14** Arsitektur *Hybrid* ARIMAX-DLNN (24,10,9,1) Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan Domestik

Jika dibandingkan dengan standar deviasi pemodelan *hybrid* ARIMAX-DLNN (24,10,9,1) dapat menurunkan kesalahan sebesar 66%. *Time series plot* perbandingan nilai ramalan dan data asli dengan model *hybrid* ARIMAX-DLNN (24,10,9,1) digambarkan pada Gambar 4.15.



**Gambar 4.15** Plot Time Series Perbandingan Data Training dan Fits (a) serta Data Testing dan Ramalan (b) Model Hybrid ARIMAX-DLNN (24,10,9,1) Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan Domestik

Pemodelan *hybrid* ARIMAX-DLNN untuk skenario *input layer* kedua, didapatkan model dengan nilai RMSEP terkecil yaitu *hybrid* ARIMAX-DLNN (8,10,3,1) dengan arsitektur model pada Gambar 4.16.



**Gambar 4.16** Arsitektur Hybrid ARIMAX-DLNN (8,10,3,1) Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan Domestik

Model *hybrid* ARIMAX-DLNN (8,10,3,1) secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$Z_{1,t} = \hat{L}_{1,t}^{(1)} + \hat{N}_{1,t}^{(2)}, \quad (4.10)$$

dimana  $\hat{L}_{1,t}^{(1)}$  merupakan model ARIMAX dan  $\hat{N}_{1,t}^{(2)}$  sebagai berikut:

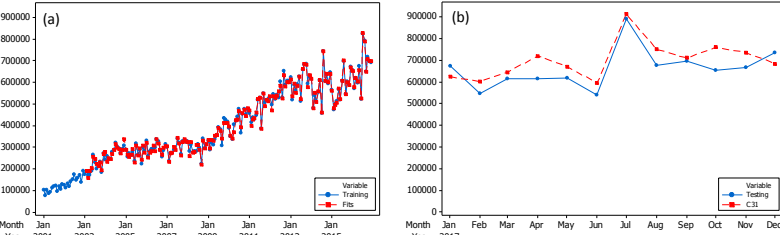
$$\hat{N}_{1,t} = 0,53 + 2,73f_1^{h_2} - 0,87f_2^{h_2} - 0,75f_3^{h_2} \quad (4.11)$$

dengan:

$$\begin{aligned} f_1^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(0,53 + 10,54f_1^h + 15,87f_2^h - 1,02f_3^h - 3,17f_4^h - 1,97f_5^h \\ &\quad - 2,05f_6^h - 1,05f_7^h - 0,14f_8^h - 0,40f_9^h + 1,57f_{10}^h)))^{-1}, \\ f_2^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(0,34 - 19,82f_1^h + 140,43f_2^h - 2,08f_3^h - 14,00f_4^h - 8,14f_5^h \\ &\quad - 23,63f_6^h - 0,83f_7^h + 3,80f_8^h + 24,43f_9^h + 11,01f_{10}^h)))^{-1}, \\ f_3^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-5,15 + 160,59f_1^h - 8,55f_2^h - 10,10f_3^h + 21,09f_4^h + 6,33f_5^h \\ &\quad + 198,14f_6^h + 91,48f_7^h - 14,53f_8^h + 31,90f_9^h - 14,42f_{10}^h)))^{-1}, \\ f_1^{h_1}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-1,03 - 1,03Z_{1,t-1} - 1,32Z_{1,t-10} + 0,44Z_{1,t-12} - 0,57Z_{1,t-16} \\ &\quad - 2,17Z_{1,t-17} + 0,05Z_{1,t-23} + 1,13Z_{1,t-24} - 0,08Z_{1,t-25})))^{-1}, \\ f_2^{h_1}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-0,25 + 2,03Z_{1,t-1} - 4,85Z_{1,t-10} - 9,17Z_{1,t-12} + 3,75Z_{1,t-16} \\ &\quad - 1,06Z_{1,t-17} - 4,71Z_{1,t-23} + 6,36Z_{1,t-24} - 6,23Z_{1,t-25})))^{-1}, \\ f_3^{h_1}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-1,57 - 14,67Z_{1,t-1} + 12,25Z_{1,t-10} + 1,39Z_{1,t-12} + 11,40Z_{1,t-16} \\ &\quad - 11,68Z_{1,t-17} - 5,63Z_{1,t-23} + 3,58Z_{1,t-24} - 6,75Z_{1,t-25})))^{-1}, \\ f_4^{h_1}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-0,20 + 0,22Z_{1,t-1} + 2,27Z_{1,t-10} + 0,72Z_{1,t-12} - 1,40Z_{1,t-16} \\ &\quad - 4,94Z_{1,t-17} + 0,40Z_{1,t-23} + 1,97Z_{1,t-24} - 3,02Z_{1,t-25})))^{-1}, \\ f_5^{h_1}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-2,76 - 4,62Z_{1,t-1} - 3,17Z_{1,t-10} - 5,05Z_{1,t-12} + 3,67Z_{1,t-16} \\ &\quad - 3,04Z_{1,t-17} - 2,83Z_{1,t-23} + 11,97Z_{1,t-24} + 4,06Z_{1,t-25})))^{-1}, \\ f_6^{h_1}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-0,88 - 3,52Z_{1,t-1} + 3,96Z_{1,t-10} - 1,95Z_{1,t-12} - 3,30Z_{1,t-16} \\ &\quad + 5,13Z_{1,t-17} - 3,15Z_{1,t-23} - 0,23Z_{1,t-24} - 1,95Z_{1,t-25})))^{-1}, \\ f_7^{h_1}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-0,86 + 7,11Z_{1,t-1} - 4,76Z_{1,t-10} + 3,95Z_{1,t-12} + 6,29Z_{1,t-16} \\ &\quad - 9,32Z_{1,t-17} - 10,75Z_{1,t-23} + 0,08Z_{1,t-24} + 0,34Z_{1,t-25})))^{-1}, \\ f_8^{h_1}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-5,21 + 1,98Z_{1,t-1} + 1,13Z_{1,t-10} + 4,53Z_{1,t-12} - 3,21Z_{1,t-16} \\ &\quad + 1,47Z_{1,t-17} - 0,38Z_{1,t-23} + 11,06Z_{1,t-24} - 2,66Z_{1,t-25})))^{-1}, \\ f_9^{h_1}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-0,34 - 1,84Z_{1,t-1} - 3,56Z_{1,t-10} + 0,50Z_{1,t-12} - 2,26Z_{1,t-16} \\ &\quad + 1,58Z_{1,t-17} + 4,30Z_{1,t-23} - 4,13Z_{1,t-24} + 1,96Z_{1,t-25})))^{-1}, \end{aligned}$$

$$f_{10}^{hi}(\cdot) = (1 + \exp(-(-1,29 - 1,70Z_{1,j-1} + 4,24Z_{1,j-10} - 0,85Z_{1,j-12} - 1,44Z_{1,j-16} - 0,21Z_{1,j-17} + 0,62Z_{1,j-23} - 0,03Z_{1,j-24} - 0,80Z_{1,j-25})))^{-1}.$$

Jika dibandingkan dengan standar deviasi, pemodelan *hybrid* ARIMAX-DLNN (8,10,3,1) dapat menurunkan kesalahan sebesar 66%. *Time series plot* perbandingan nilai ramalan dan data asli dengan model *hybrid* ARIMAX-DLNN (8,10,3,1) digambarkan pada Gambar 4.17.



**Gambar 4.17** *Plot Time Series* Perbandingan Data *Training* dan *Fits* (a) serta Data *Testing* dan Ramalan (b) Model *Hybrid* ARIMAX-DLNN (8,10,3,1) Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan Domestik

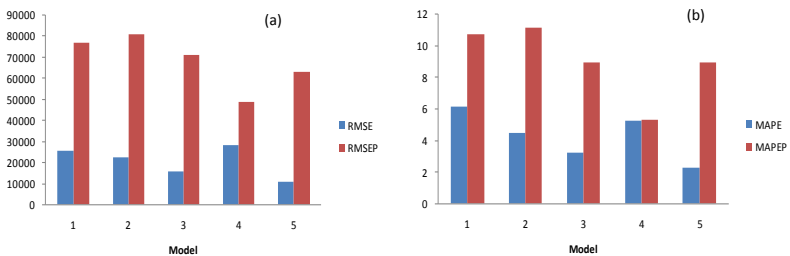
Nilai kesalahan berupa nilai RMSE, MAPE, RMSEP, dan MAPEP dari kelima model untuk meramalkan jumlah penumpang keberangkatan domestik di Bandar Udara Internasional Juanda dapat dilihat pada Tabel 4.6. Model *hybrid* ARIMAX-FFNN terbaik dengan nilai RMSEP terkecil yaitu ARIMAX-FFNN (8,8,1). Sedangkan model *hybrid* ARIMAX-DLNN terbaik yaitu model ARIMAX-DLNN (8,10,3,1).

**Tabel 4.6** Nilai RMSE dan MAPE Pada 5 Model Jumlah Penumpang Keberangkatan Domestik

| Model                 | RMSE     | MAPE | RMSEP           | MAPEP       |
|-----------------------|----------|------|-----------------|-------------|
| ARIMAX                | 25693,75 | 6,17 | 77222,13        | 10,76       |
| FFNN (24,2,1)         | 22294,88 | 4,46 | 80833,16        | 11,16       |
| ARIMAX-FFNN(8,8,1)    | 15818,95 | 3,20 | 71165,99        | 8,96        |
| DLNN (24,2,1,1)       | 28396,99 | 5,28 | <b>48859,58</b> | <b>5,34</b> |
| ARIMAX-DLNN(8,10,3,1) | 10856,53 | 2,29 | 63187,90        | 8,94        |

Ket: Angka yang dicetak tebal merupakan RMSEP dan MAPEP terkecil

Secara visual perbedaan nilai RMSE dan MAPE pada data *training* dan *testing* dapat dilihat pada Gambar 4.18. Pemodelan *hybrid* ARIMAX-DLNN (8,10,3,1) memiliki hasil peramalan yang sangat baik untuk data *training*. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai RMSE dan MAPE yang jauh lebih kecil dibanding dengan model lainnya. Namun metode DLNN memiliki nilai RMSEP dan MAPEP terkecil, sehingga memberikan hasil peramalan untuk data *testing* dibanding dengan model lainnya. Sehingga model terbaik untuk meramalkan jumlah penumpang keberangkatan domestik di Bandar Udara Internasional Juanda adalah DLNN (24,2,1,1).



**Gambar 4.18** Grafik Nilai RMSE dan RMSEP (a) serta MAPE dan MAPEP (b) Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan Domestik

#### 4.2.2 Pemodelan Jumlah Penumpang Keberangkatan Internasional di Bandar Udara Internasional Juanda

Pemodelan dilakukan pada jumlah penumpang keberangkatan internasional di Bandar Udara Internasional Juanda dengan membandingkan 5 metode. Proses pembentukan model ARIMAX sama seperti pada 4.2.1 poin pertama. Namun pemodelan ini menggunakan estimasi parameter *Conditional Least Square* (CLS) dengan penambahan *dummy outlier*. Hal tersebut dilakukan untuk menanggulangi residual tidak berdistribusi normal. Penambahan *dummy outlier* sebanyak 23 mampu menghasilkan model ARIMAX yang memenuhi asumsi *white noise* dan berdistribusi normal. Pemodelan ARIMAX untuk jumlah penumpang keberangkatan internasional di Bandar Udara Internasional Juanda secara lengkap dijelaskan pada Lampiran 5.

Model ARIMAX dengan komponen tren, musiman, variasi kalender, serta komponen *noise* yang mengikuti model ARIMA ([1,2,4,5,10,11,12,13,20],0,0) secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Z_{2,t} = & 30524, 2 + 241, 67t - 6063M_2 - 6062, 8M_3 - 12448, 4M_4 - 13957, 1M_5 - 11143, 7M_6 \\
 & - 13852, 4M_7 - 11851, 4M_8 - 12565, 9M_9 - 10943, 3M_{10} - 9011, 9M_{11} + 5486, 1M_{12} \\
 & - 10006, 2L_{1(t-1)} - 11107L_{2(t-1)} - 6284, 3L_{3(t-1)} - 10006, 2L_{1(t)} - 5061, 1L_{2(t)} - 9302, 3L_{3(t)} \\
 & - 9728, 9L_{4(t)} - 10623, 5L_{1(t+1)} + 5572, 2L_{2(t+1)} + 4727, 5L_{3(t+1)} - 10367I_t^{(49)} + 28509, 6I_t^{(166)} \\
 & + 32655, 4I_t^{(2)} + 27213, 2I_t^{(37)} - 16373, 1I_t^{(24)} + 19639, 1I_t^{(177)} + 25145, 4I_t^{(84)} + 22803, 3I_t^{(72)} \\
 & + 19142, 8I_t^{(176)} - 7773, 9I_t^{(170)} - 8233, 2I_t^{(82)} + 13482, 6I_t^{(83)} - 6697, 6I_t^{(61)} + 13345, 4I_t^{(95)} \\
 & + 7119, 3I_t^{(192)} + 12333, 9I_t^{(25)} + 15315, 4I_t^{(13)} - 7086, 2I_t^{(131)} + 7349, 6I_t^{(144)} + 10256, 1S_t^{(145)} \\
 & - 7749, 1S_t^{(166)} - 4410, 9S_t^{(26)} + 7620S_t^{(199)} \\
 & + \frac{1}{(1 + 0, 26B + 0, 13B^2 - 0, 2B^4 - 0, 17B^5 - 0, 13B^{10} + 0, 29B^{11} + 0, 4B^{12} - 0, 36B^{13} - 0, 26B^{20})} \varepsilon_{2,t}
 \end{aligned} \tag{4.12}$$

Selanjutnya pengujian white didapatkan hasil jumlah penumpang keberangkatan internasional di Bandar Udara Internasional Juanda berpola linier. Namun variabel tersebut tetap dilakukan pemodelan dalam metode nonlinier, yaitu model FFNN, DLNN, dan *hybrid*.

Pembentukan model FFNN sama seperti pada 4.2.1 poin kedua. Pemodelan FFNN untuk jumlah penumpang keberangkatan internasional di Bandar Udara Internasional Juanda secara lengkap dijelaskan pada Lampiran 5f. Model FFNN terbaik yaitu FFNN (54,1,1). Proses pembentukan model *hybrid* ARIMAX-FFNN sama seperti pada 4.2.1 poin ketiga, yaitu dengan dua jenis *input layer*. Pemodelan *hybrid* ARIMAX-FFNN untuk jumlah penumpang keberangkatan internasional di Bandar Udara Internasional Juanda secara lengkap dijelaskan pada Lampiran 5g. Model *hybrid* ARIMAX-FFNN terbaik untuk masing-masing skenario *input layer* yaitu ARIMAX-FFNN (54,6,1) dan ARIMAX-FFNN (9,5,1).

Model selanjutnya yaitu model DLNN, proses pembentukan model sama seperti pada 4.2.1 poin keempat. Pemodelan DLNN untuk jumlah penumpang keberangkatan



internasional di Bandar Udara Internasional Juanda secara lengkap dijelaskan pada Lampiran 5h. Model DLNN terbaik yaitu DLNN (54,10,3,1). Proses pembentukan model *hybrid* ARIMAX-DLNN sama seperti pada 4.2.1 poin kelima, yaitu dengan dua skenario *input layer*. Pemodelan *hybrid* ARIMAX-DLNN untuk jumlah penumpang keberangkatan internasional di Bandar Udara Internasional Juanda secara lengkap dijelaskan pada Lampiran 5i. Model *hybrid* ARIMAX-DLNN terbaik untuk masing-masing jenis *input layer* yaitu ARIMAX-DLNN (54,6,3,1) dan ARIMAX-DLNN (9,8,8,1).

Nilai kesalahan berupa nilai RMSE, MAPE, RMSEP, dan MAPEP dari kelima model yang telah didapatkan untuk meramalkan jumlah penumpang keberangkatan internasional di Bandar Udara Internasional Juanda dapat dilihat pada Tabel 4.7. Model *hybrid* ARIMAX-FFNN terbaik dengan nilai RMSEP terkecil yaitu ARIMAX-FFNN (56,6,1). Sedangkan model *hybrid* ARIMAX-DLNN terbaik yaitu model ARIMAX-DLNN (54,6,3,1).

**Tabel 4.7** Nilai RMSE dan MAPE Pada 5 Model Jumlah Penumpang Keberangkatan Internasional

| Model                 | RMSE    | MAPE | RMSEP          | MAPEP       |
|-----------------------|---------|------|----------------|-------------|
| ARIMAX                | 3169,41 | 6,38 | 10845,55       | 7,58        |
| FFNN (54,1,1)         | 3091,19 | 5,28 | 9919,17        | 9,39        |
| ARIMAX-FFNN(54,6,1)   | 276,16  | 0,38 | 8921,74        | 9,47        |
| DLNN (54,10,3,1)      | 306,53  | 0,46 | <b>5669,33</b> | <b>5,67</b> |
| ARIMAX-DLNN(54,6,3,1) | 339,51  | 0,40 | 8146,11        | 8,27        |

Ket: Angka yang dicetak tebal merupakan RMSEP dan MAPEP terkecil

Secara visual perbedaan nilai RMSE dan MAPE pada data training dan testing dapat dilihat pada Gambar 4.19. Secara umum pemodelan nonlinier dengan FFNN dan DLNN serta *hybrid* mampu menurunkan nilai kesalahan RMSE dan MAPE pada data *training*. Jika dilihat dalam grafik, metode DLNN memiliki nilai kesalahan terkecil untuk data *testing*. Sehingga model terbaik untuk meramalkan jumlah penumpang keberangkatan



Model DLNN (54,10,3,1) secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$\hat{Z}_{1,j} = -0,14 + 1,21f_1^{h_2} + 0,74f_2^{h_2} - 0,59f_3^{h_2}, \quad (4.13)$$

dengan:

$$f_1^{h_2}(\cdot) = (1 + \exp(-(-1,22 + 0,10f_1^{h_1} - 0,31f_2^{h_1} + 0,36f_3^{h_1} + 1,08f_4^{h_1} + 2,14f_5^{h_1} - 0,65f_6^{h_1} + 0,96f_7^{h_1} + 1,32f_8^{h_1} - 3,36f_9^{h_1} + 0,27f_{10}^{h_1})))^{-1},$$

$$f_2^{h_2}(\cdot) = (1 + \exp(-(-0,68 - 0,44f_1^{h_1} + 0,21f_2^{h_1} - 0,89f_3^{h_1} + 0,57f_4^{h_1} + 1,25f_5^{h_1} - 3,03f_6^{h_1} + 2,98f_7^{h_1} - 1,41f_8^{h_1} - 2,35f_9^{h_1} - 1,42f_{10}^{h_1})))^{-1},$$

$$f_3^{h_2}(\cdot) = (1 + \exp(-(0,66 - 1,10f_1^{h_1} + 2,18f_2^{h_1} + 0,60f_3^{h_1} - 1,21f_4^{h_1} - 1,68f_5^{h_1} + 1,46f_6^{h_1} - 0,59f_7^{h_1} + 0,45f_8^{h_1} + 2,07f_9^{h_1} - 0,51f_{10}^{h_1})))^{-1},$$

$$\begin{aligned} f_1^{h_1}(\cdot) = & (1 + \exp(-(0,81 + 3,26Z_{2,j-1} - 0,22Z_{2,j-2} - 1,18Z_{2,j-4} - 3,41Z_{2,j-5} \\ & - 1,30Z_{2,j-10} + 0,15Z_{2,j-11} - 3,08Z_{2,j-12} - 1,55Z_{2,j-13} + 4,95Z_{2,j-20} + 0,12t \\ & - 6,04M_2 + 18,17M_3 + 30,80M_4 - 10,26M_5 - 5,23M_6 - 1,47M_7 \\ & + 14,59M_8 - 3,97M_9 - 1,64M_{10} + 8,32M_{11} - 0,31M_{12} - 7,53L_{1(t-1)} \\ & - 5,28L_{2(t-1)} - 1,26L_{3(t-1)} - 0,16L_{1(t)} - 0,36L_{2(t)} - 9,34L_{3(t)} - 14,90L_{4(t)} \\ & - 1,00L_{1(t+1)} - 5,42L_{2(t+1)} - 11,92L_{3(t+1)} - 0,49I_t^{(49)} - 5,48I_t^{(166)} - 1,05I_t^{(2)} \\ & + 4,32I_t^{(37)} - 0,88I_t^{(24)} + 0,44I_t^{(177)} + 1,41I_t^{(84)} + 1,13I_t^{(72)} - 6,50I_t^{(176)} \\ & + 10,18I_t^{(170)} - 0,63I_t^{(82)} - 1,97I_t^{(83)} + 1,74I_t^{(61)} - 0,77I_t^{(95)} - 5,27I_t^{(192)} \\ & - 2,21I_t^{(25)} - 0,70I_t^{(13)} + 3,61I_t^{(131)} + 1,13I_t^{(44)} - 13,25S_t^{(145)} - 6,19S_t^{(166)} \\ & + 2,22S_t^{(26)} + 8,61S_t^{(199)})))^{-1}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_2^{h_1}(\cdot) = & (1 + \exp(-(3,08 - 1,19Z_{2,j-1} - 0,27Z_{2,j-2} + 2,83Z_{2,j-4} + 0,40Z_{2,j-5} \\ & + 1,11Z_{2,j-10} + 0,22Z_{2,j-11} - 0,46Z_{2,j-12} + 1,83Z_{2,j-13} - 0,12Z_{2,j-20} - 0,04t \\ & - 0,10M_2 + 0,57M_3 - 1,26M_4 + 1,49M_5 + 0,06M_6 - 1,12M_7 \\ & - 1,19M_8 - 1,01M_9 - 1,93M_{10} + 0,17M_{11} - 0,24M_{12} + 0,43L_{1(t-1)} \\ & - 0,77L_{2(t-1)} + 2,30L_{3(t-1)} + 1,32L_{1(t)} - 0,97L_{2(t)} + 0,85L_{3(t)} - 1,73L_{4(t)} \\ & + 37,52L_{1(t+1)} - 0,65L_{2(t+1)} - 0,73L_{3(t+1)} + 0,37I_t^{(49)} - 2,25I_t^{(166)} + 0,44I_t^{(2)} \\ & + 0,18I_t^{(37)} + 0,91I_t^{(24)} + 0,80I_t^{(177)} - 2,24I_t^{(84)} - 0,29I_t^{(72)} - 0,44I_t^{(176)} \\ & + 0,90I_t^{(170)} + 1,88I_t^{(82)} - 1,46I_t^{(83)} + 1,05I_t^{(61)} - 0,75I_t^{(95)} + 0,16I_t^{(192)} \\ & - 0,09I_t^{(25)} - 1,27I_t^{(13)} + 1,41I_t^{(131)} - 0,65I_t^{(44)} - 1,57S_t^{(145)} + 3,35S_t^{(166)} \\ & - 0,32S_t^{(26)} + 1,59S_t^{(199)})))^{-1}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f_3^{h_1}(\cdot) = & (1 + \exp(-(-0,71 + 1,44Z_{2,j-1} - 6,26Z_{2,j-2} + 6,90Z_{2,j-4} + 3,26Z_{2,j-5} \\
& + 1,34Z_{2,j-10} - 0,89Z_{2,j-11} - 0,59Z_{2,j-12} + 0,57Z_{2,j-13} - 2,33Z_{2,j-20} \\
& + 0,16t - 5,67M_2 - 8,05M_3 - 6,68M_4 - 6,39M_5 + 29,49M_6 \\
& - 3,89M_7 + 61,23M_8 - 6,61M_9 + 73,29M_{10} - 4,81M_{11} - 17,05M_{12} \\
& - 33,29L_{1(t-1)} - 47,05L_{2(t-1)} - 10,48L_{3(t-1)} + 10,14L_{1(t)} - 16,79L_{2(t)} \\
& - 13,52L_{3(t)} - 1,66L_{4(t)} + 39,67L_{1(t+1)} - 16,67L_{2(t+1)} - 6,30L_{3(t+1)} \\
& - 1,75I_t^{(49)} + 0,96I_t^{(166)} - 0,58I_t^{(2)} - 1,01I_t^{(37)} - 1,07I_t^{(24)} - 1,44I_t^{(177)} \\
& + 0,82I_t^{(84)} + 0,05I_t^{(72)} + 3,03I_t^{(176)} - 5,23I_t^{(170)} + 2,64I_t^{(82)} + 1,26I_t^{(83)} \\
& - 0,63I_t^{(61)} + 0,09I_t^{(95)} + 2,83I_t^{(192)} + 0,15I_t^{(25)} + 0,24I_t^{(13)} - 2,53I_t^{(131)} \\
& + 0,95I_t^{(44)} - 13,42S_t^{(145)} + 12,44S_t^{(166)} + 3,84S_t^{(26)} - 13,42S_t^{(199)}))^{-1},
\end{aligned}$$

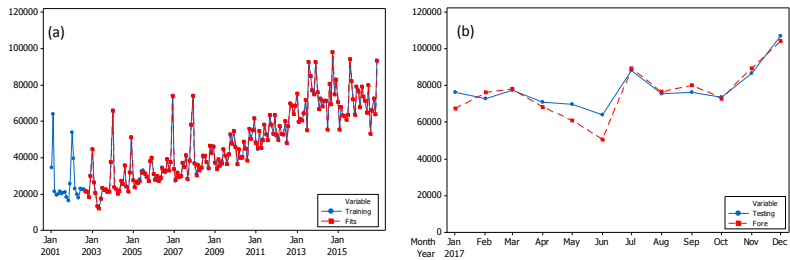
$$\begin{aligned}
f_4^{h_1}(\cdot) = & (1 + \exp(-(-1,05 + 0,77Z_{2,j-1} - 0,13Z_{2,j-2} - 3,70Z_{2,j-4} - 0,53Z_{2,j-5} \\
& - 2,44Z_{2,j-10} + 2,24Z_{2,j-11} + 0,88Z_{2,j-12} - 2,89Z_{2,j-13} - 0,63Z_{2,j-20} \\
& + 0,13t + 10,44M_2 + 3,41M_3 + 1,12M_4 + 0,75M_5 - 0,10M_6 \\
& - 1,06M_7 - 1,39M_8 - 1,24M_9 - 1,66M_{10} - 3,92M_{11} - 0,54M_{12} \\
& - 0,83L_{1(t-1)} - 0,41L_{2(t-1)} - 0,31L_{3(t-1)} - 1,44L_{1(t)} - 1,94L_{2(t)} + 11,13L_{3(t)} \\
& - 0,04L_{4(t)} + 0,99L_{1(t+1)} - 3,10L_{2(t+1)} - 1,38L_{3(t+1)} - 1,89I_t^{(49)} + 6,44I_t^{(166)} \\
& - 0,79I_t^{(2)} + 2,62I_t^{(37)} - 1,37I_t^{(24)} + 0,66I_t^{(177)} + 1,12I_t^{(84)} + 1,22I_t^{(72)} \\
& + 1,80I_t^{(176)} - 2,37I_t^{(170)} - 1,55I_t^{(82)} - 0,76I_t^{(83)} + 1,82I_t^{(61)} + 2,51I_t^{(95)} \\
& - 0,61I_t^{(192)} + 2,19I_t^{(25)} + 0,81I_t^{(13)} - 1,80I_t^{(131)} - 0,39I_t^{(44)} + 11,93S_t^{(145)} \\
& - 16,96S_t^{(166)} - 1,13S_t^{(26)} - 9,46S_t^{(199)}))^{-1},
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f_5^{h_1}(\cdot) = & (1 + \exp(-(-1,50 + 0,51Z_{2,j-1} + 1,79Z_{2,j-2} - 1,26Z_{2,j-4} + 1,44Z_{2,j-5} \\
& + 1,99Z_{2,j-10} + 0,27Z_{2,j-11} + 1,44Z_{2,j-12} - 0,35Z_{2,j-13} + 2,15Z_{2,j-20} \\
& - 0,28t + 4,29M_2 + 4,38M_3 + 1,99M_4 - 136,78M_5 - 282,85M_6 \\
& + 5,05M_7 + 4,46M_8 + 4,80M_9 + 0,53M_{10} + 5,28M_{11} - 2,24M_{12} \\
& - 14,03L_{1(t-1)} - 25,19L_{2(t-1)} - 23,23L_{3(t-1)} + 6,51L_{1(t)} - 27,40L_{2(t)} + 2,15L_{3(t)} \\
& - 13,01L_{4(t)} - 47,66L_{1(t+1)} + 5,17L_{2(t+1)} - 5,27L_{3(t+1)} - 0,56I_t^{(49)} + 2,78I_t^{(166)} \\
& - 1,00I_t^{(2)} + 3,21I_t^{(37)} - 0,85I_t^{(24)} + 0,09I_t^{(177)} + 2,17I_t^{(84)} - 0,33I_t^{(72)} \\
& + 2,36I_t^{(176)} - 0,02I_t^{(170)} - 2,09I_t^{(82)} + 1,31I_t^{(83)} + 1,07I_t^{(61)} - 0,66I_t^{(95)} \\
& + 2,25I_t^{(192)} - 0,52I_t^{(25)} - 0,25I_t^{(13)} + 0,20I_t^{(131)} + 1,06I_t^{(44)} + 10,49S_t^{(145)} \\
& + 16,27S_t^{(166)} + 2,98S_t^{(26)} + 5,92S_t^{(199)}))^{-1},
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f_6^{h_1}(\cdot) = & (1 + \exp(-(0,83 - 0,31Z_{2,j-1} - 2,54Z_{2,j-2} - 1,31Z_{2,j-4} + 0,60Z_{2,j-5} \\
& - 1,01Z_{2,j-10} - 1,70Z_{2,j-11} + 0,61Z_{2,j-12} - 0,38Z_{2,j-13} - 3,15Z_{2,j-20} \\
& + 0,003t + 3,17M_2 - 0,36M_3 - 2,98M_4 + 0,43M_5 + 0,70M_6 \\
& + 0,99M_7 + 1,57M_8 - 0,19M_9 + 0,01M_{10} + 0,39M_{11} - 1,43M_{12} \\
& + 0,47L_{1(t-1)} + 3,81L_{2(t-1)} - 0,65L_{3(t-1)} + 0,64L_{1(t)} + 0,09L_{2(t)} \\
& - 1,40L_{3(t)} + 2,81L_{4(t)} - 2,31L_{1(t+1)} + 0,15L_{2(t+1)} - 0,20L_{3(t+1)} \\
& - 0,31I_t^{(49)} - 1,90I_t^{(166)} - 1,05I_t^{(2)} - 2,90I_t^{(37)} + 0,44I_t^{(24)} - 1,48I_t^{(177)} \\
& - 0,76I_t^{(84)} - 0,26I_t^{(72)} - 2,86I_t^{(176)} + 1,24I_t^{(170)} - 0,98I_t^{(82)} + 0,03I_t^{(83)} \\
& - 0,32I_t^{(61)} + 0,71I_t^{(95)} - 0,64I_t^{(192)} + 0,14I_t^{(25)} + 0,44I_t^{(13)} - 1,52I_t^{(131)} \\
& - 0,13I_t^{(44)} - 0,39S_t^{(145)} - 0,87S_t^{(166)} + 2,17S_t^{(26)} - 2,51S_t^{(199)})))^{-1}, \\
f_7^{h_1}(\cdot) = & (1 + \exp(-(-0,94 - 0,76Z_{2,j-1} - 0,40Z_{2,j-2} - 0,22Z_{2,j-4} + 1,37Z_{2,j-5} \\
& + 1,47Z_{2,j-10} + 0,78Z_{2,j-11} - 0,83Z_{2,j-12} - 0,01Z_{2,j-13} + 0,32Z_{2,j-20} \\
& - 0,03t - 2,73M_2 - 0,93M_3 - 2,73M_4 - 1,11M_5 - 3,12M_6 \\
& - 2,01M_7 - 0,24M_8 - 2,80M_9 - 3,53M_{10} - 2,93M_{11} + 1,31M_{12} \\
& + 0,84L_{1(t-1)} + 1,73L_{2(t-1)} + 1,05L_{3(t-1)} + 0,24L_{1(t)} + 1,33L_{2(t)} - 1,69L_{3(t)} \\
& - 59,49L_{4(t)} - 3,72L_{1(t+1)} + 3,78L_{2(t+1)} + 2,35L_{3(t+1)} - 0,51I_t^{(49)} \\
& + 2,42I_t^{(166)} + 1,06I_t^{(2)} + 4,03I_t^{(37)} + 0,18I_t^{(24)} + 2,57I_t^{(177)} + 0,98I_t^{(84)} \\
& + 2,74I_t^{(72)} + 1,01I_t^{(176)} + 0,004I_t^{(170)} - 1,96I_t^{(82)} + 0,72I_t^{(83)} - 0,40I_t^{(61)} \\
& + 1,33I_t^{(95)} - 0,17I_t^{(192)} - 0,66I_t^{(25)} + 1,44I_t^{(13)} - 0,35I_t^{(131)} + 0,32I_t^{(44)} \\
& + 5,72S_t^{(145)} + 3,67S_t^{(166)} + 0,17S_t^{(26)} - 1,70S_t^{(199)})))^{-1}, \\
f_8^{h_1}(\cdot) = & (1 + \exp(-(0,60 - 0,77Z_{2,j-1} - 1,44Z_{2,j-2} + 1,92Z_{2,j-4} + 1,31Z_{2,j-5} \\
& + 0,56Z_{2,j-10} + 2,41Z_{2,j-11} - 0,61Z_{2,j-12} + 0,51Z_{2,j-13} - 4,45Z_{2,j-20} \\
& + 0,001t + 0,75M_2 + 0,13M_3 - 0,29M_4 + 34,47M_5 + 2,00M_6 \\
& - 0,07M_7 + 0,66M_8 + 0,33M_9 + 2,30M_{10} + 2,17M_{11} - 1,24M_{12} \\
& - 1,14L_{1(t-1)} - 1,45L_{2(t-1)} + 0,60L_{3(t-1)} - 0,42L_{1(t)} - 1,18L_{2(t)} - 4,21L_{3(t)} \\
& - 1,89L_{4(t)} + 0,98L_{1(t+1)} - 3,95L_{2(t+1)} - 1,76L_{3(t+1)} + 1,73I_t^{(49)} + 3,73I_t^{(166)} \\
& + 1,38I_t^{(2)} + 2,06I_t^{(37)} - 0,35I_t^{(24)} + 2,81I_t^{(177)} + 3,06I_t^{(84)} + 4,01I_t^{(72)} \\
& + 4,97I_t^{(176)} + 1,36I_t^{(170)} - 0,47I_t^{(82)} + 1,26I_t^{(83)} + 0,70I_t^{(61)} - 1,67I_t^{(95)} \\
& + 6,34I_t^{(192)} + 0,84I_t^{(25)} - 1,46I_t^{(13)} + 1,47I_t^{(131)} + 2,05I_t^{(44)} - 4,48S_t^{(145)} \\
& + 39,16S_t^{(166)} - 0,07S_t^{(26)} + 3,45S_t^{(199)})))^{-1},
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f_9^h(.) &= (1 + \exp(-(-0,02 + 6,39Z_{2,j-1} + 1,83Z_{2,j-2} + 2,86Z_{2,j-4} + 1,68Z_{2,j-5} \\
&\quad + 3,13Z_{2,j-10} + 1,88Z_{2,j-11} + 1,07Z_{2,j-12} + 1,95Z_{2,j-13} + 2,81Z_{2,j-20} \\
&\quad - 0,82t + 8,34M_2 + 11,34M_3 + 9,79M_4 + 12,21M_5 - 4,58M_6 \\
&\quad - 0,17M_7 + 13,91M_8 + 7,80M_9 - 73,99M_{10} + 2,60M_{11} - 86,54M_{12} \\
&\quad + 10,75L_{1(t-1)} + 4,66L_{2(t-1)} + 16,56L_{3(t-1)} - 68,54L_{1(t)} - 1,21L_{2(t)} \\
&\quad + 9,51L_{3(t)} + 12,92L_{4(t)} + 3,74L_{1(t+1)} + 5,12L_{2(t+1)} - 4,86L_{3(t+1)} \\
&\quad + 1,11I_t^{(49)} - 4,25I_t^{(166)} - 0,23I_t^{(2)} - 2,97I_t^{(37)} + 0,30I_t^{(24)} - 2,81I_t^{(177)} \\
&\quad - 1,22I_t^{(84)} - 0,20I_t^{(72)} - 3,57I_t^{(176)} - 0,52I_t^{(170)} - 0,55I_t^{(82)} - 1,10I_t^{(83)} \\
&\quad - 0,16I_t^{(61)} + 1,14I_t^{(95)} - 2,78I_t^{(192)} + 0,09I_t^{(25)} - 0,79I_t^{(13)} - 0,34I_t^{(131)} \\
&\quad + 0,66I_t^{(44)} + 43,83S_t^{(145)} + 18,14S_t^{(166)} + 6,21S_t^{(26)} + 43,90S_t^{(199)}))^{-1}, \\
f_{10}^h(.) &= (1 + \exp(-(1,55 + 2,13Z_{2,j-1} + 1,42Z_{2,j-2} - 1,17Z_{2,j-4} + 0,22Z_{2,j-5} \\
&\quad + 0,30Z_{2,j-10} - 0,01Z_{2,j-11} - 0,55Z_{2,j-12} + 0,42Z_{2,j-13} + 0,45Z_{2,j-20} \\
&\quad + 1,70t - 1,04M_2 - 0,52M_3 - 1,15M_4 + 0,67M_5 - 1,21M_6 \\
&\quad - 1,61M_7 + 0,34M_8 + 0,63M_9 - 0,54M_{10} + 1,24M_{11} + 1,07M_{12} \\
&\quad + 0,38L_{1(t-1)} - 0,22L_{2(t-1)} - 0,45L_{3(t-1)} + 0,79L_{1(t)} - 0,33L_{2(t)} - 1,92L_{3(t)} \\
&\quad + 0,12L_{4(t)} + 1,34L_{1(t+1)} - 1,92L_{2(t+1)} + 0,11L_{3(t+1)} - 0,66I_t^{(49)} \\
&\quad + 0,51I_t^{(166)} + 0,44I_t^{(2)} + 0,26I_t^{(37)} + 1,34I_t^{(24)} - 0,68I_t^{(177)} + 0,53I_t^{(84)} \\
&\quad - 0,47I_t^{(72)} + 0,76I_t^{(176)} + 0,83I_t^{(170)} - 0,79I_t^{(82)} + 0,89I_t^{(83)} + 1,52I_t^{(61)} \\
&\quad + 0,18I_t^{(95)} - 1,05I_t^{(192)} + 1,78I_t^{(25)} - 0,37I_t^{(13)} + 1,05I_t^{(131)} + 1,59I_t^{(44)} \\
&\quad + 1,29S_t^{(145)} - 1,91S_t^{(166)} - 0,36S_t^{(26)} - 1,06S_t^{(199)}))^{-1},
\end{aligned}$$

*Time series plot* perbandingan nilai ramalan dan data asli dengan model DLNN (54,10,3,1) digambarkan pada Gambar 4.21.



**Gambar 4.21** *Plot Time Series* Perbandingan Data *Training* dan *Fits* (a) serta Data *Testing* dan Ramalan (b) Model DLNN (54,10,3,1) Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan Internasional

#### 4.2.3 Pemodelan Jumlah Barang Yang Dimuat Pada Penerbangan Domestik di Bandar Udara Internasional Juanda

Pemodelan dilakukan pada jumlah barang yang dimuat pada penerbangan domestik di Bandar Udara Internasional Juanda dengan membandingkan 5 metode. Proses pembentukan model ARIMAX sama seperti pada 4.2.1 poin pertama. Namun pemodelan ini menggunakan estimasi parameter *Conditional Least Square* (CLS) dengan penambahan *dummy outlier*. Hal tersebut dilakukan untuk menanggulangi residual tidak berdistribusi normal. Penambahan *dummy outlier* sebanyak 5 mampu menghasilkan model ARIMAX yang memenuhi asumsi *white noise* dan berdistribusi normal. Pemodelan ARIMAX untuk jumlah barang yang dimuat pada penerbangan domestik di Bandar Udara Internasional Juanda secara lengkap dijelaskan pada Lampiran 6. Model ARIMAX dengan komponen tren, musiman, variasi kalender, serta komponen *noise* yang mengikuti model ARIMA ([1,2,6,8,17,26],0,0) secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Z_{3,t} = & 1235,1 + 28,54t - 1011,3D_1 - 1438,6D_2 - 10,138D_3t - 190,205M_1 \\
 & - 483,896M_2 - 359,02M_3 - 389,19M_4 + 301,3M_5 - 356,7M_6 \\
 & - 235,4M_7 - 450,75M_8 - 499,15M_9 - 276,8M_{10} - 266,3M_{11} \\
 & - 1113,2I_t^{(187)} - 1529,7I_t^{(153)} - 1113,2I_t^{(187)} - 1529,7I_t^{(153)} \\
 & + 982,76I_t^{(108)} - 782,68I_t^{(63)} - 824,4I_t^{(96)} \\
 & + \frac{1}{(1 + 0,44B + 0,28B^2 + 0,32B^6 - 0,21B^8 - 0,15B^{17} - 0,24B^{26})} \varepsilon_{3,t}
 \end{aligned} \tag{4.14}$$

Selanjutnya pengujian *white* didapatkan hasil jumlah barang yang dimuat pada penerbangan domestik di Bandar Udara Internasional Juanda berpola linier. Namun variabel tersebut tetap dilakukan pemodelan dalam metode nonlinier, yaitu model FFNN, DLNN, dan *hybrid*.

Model kedua dengan FFNN, dimana proses pembentukan model FFNN sama seperti pada 4.2.1 poin kedua. Pemodelan FFNN untuk jumlah barang yang dimuat pada penerbangan domestik di Bandar Udara Internasional Juanda secara lengkap

dijelaskan pada Lampiran 6f. Model FFNN terbaik berdasarkan nilai RMSEP yaitu FFNN (26,5,1). Selanjutnya model ketiga, proses pembentukan model *hybrid* ARIMAX-FFNN sama seperti pada 4.2.1 poin ketiga, yaitu dengan dua skenario *input layer*. Pemodelan *hybrid* ARIMAX-FFNN untuk jumlah barang yang dimuat pada penerbangan domestik di Bandar Udara Internasional Juanda secara lengkap dijelaskan pada Lampiran 6g. Model *hybrid* ARIMAX-FFNN terbaik untuk masing-masing skenario *input layer* yaitu ARIMAX-FFNN (26,7,1) dan ARIMAX-FFNN (6,8,1).

Model keempat, dengan proses pembentukan model DLNN sama seperti pada 4.2.1 poin keempat. Pemodelan DLNN untuk jumlah barang yang dimuat pada penerbangan domestik di Bandar Udara Internasional Juanda secara lengkap dijelaskan pada Lampiran 6h. Model DLNN terbaik yaitu DLNN (26,9,3,1). Selanjutnya model terakhir, dengan proses pembentukan model *hybrid* ARIMAX-DLNN sama seperti pada 4.2.1 poin kelima, yaitu dengan dua skenario *input layer*. Pemodelan *hybrid* ARIMAX-DLNN untuk jumlah barang yang dimuat pada penerbangan domestik di Bandar Udara Internasional Juanda secara lengkap dijelaskan pada Lampiran 6i. Model *hybrid* ARIMAX-DLNN terbaik untuk masing-masing jenis *input layer* yaitu ARIMAX-DLNN (26,8,9,1) dan ARIMAX-DLNN (6,8,9,1).

Nilai kesalahan berupa nilai RMSE, MAPE, RMSEP, dan MAPEP dari kelima model yang telah didapatkan untuk meramalkan jumlah barang yang dimuat pada penerbangan domestik di Bandar Udara Internasional Juanda dapat dilihat pada Tabel 4.8. Model *hybrid* ARIMAX-FFNN terbaik dengan nilai RMSEP terkecil yaitu ARIMAX-FFNN (26,7,1). Sedangkan model *hybrid* ARIMAX-DLNN terbaik yaitu model ARIMAX-DLNN (26,8,9,1).

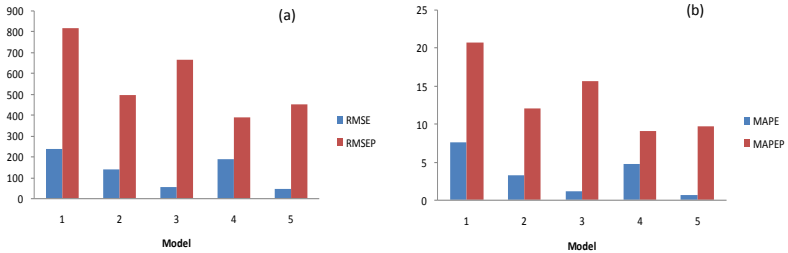


**Tabel 4.8** Nilai RMSE dan MAPE Pada 5 Model Jumlah Barang Yang Dimuat Pada Penerbangan Internasional

| Model                 | RMSE   | MAPE | RMSEP         | MAPEP       |
|-----------------------|--------|------|---------------|-------------|
| ARIMAX                | 236,66 | 7,63 | 821,22        | 20,78       |
| FFNN (26,5,1)         | 137,83 | 3,21 | 495,16        | 12,12       |
| ARIMAX-FFNN(26,7,1)   | 51,88  | 1,15 | 666,41        | 15,69       |
| DLNN (26,9,3,1)       | 187,82 | 4,78 | <b>391,28</b> | <b>9,14</b> |
| ARIMAX-DLNN(26,8,9,1) | 44,35  | 0,57 | 451,00        | 9,75        |

Ket: Angka yang dicetak tebal merupakan RMSEP dan MAPEP terkecil

Secara visual perbedaan nilai RMSE dan MAPE pada data *training* dan *testing* dapat dilihat pada Gambar 4.22. Secara umum pemodelan nonlinier dengan FFNN dan DLNN serta *hybrid* mampu menurunkan nilai kesalahan RMSE dan MAPE pada data *training*. Metode DLNN memiliki nilai kesalahan terkecil untuk data *testing*. Sehingga model terbaik untuk meramalkan jumlah barang yang dimuat pada penerbangan domestik di Bandar Udara Internasional Juanda adalah DLNN (26,9,3,1).



**Gambar 4.22** Grafik Nilai RMSE dan RMSEP (a) serta MAPE dan MAPEP (b) Pada Jumlah Barang Yang Dimuat Pada Penerbangan Domestik

Arsitektur model DLNN (26,9,3,1) dapat dilihat pada Gambar 4.24, secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

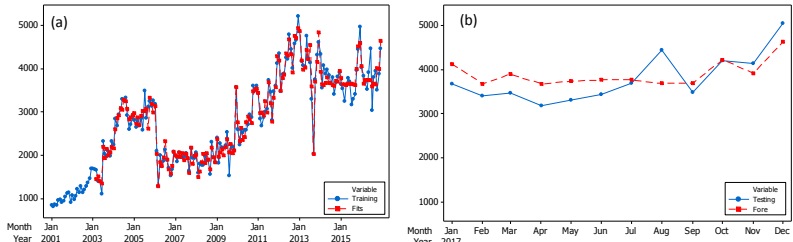
$$\hat{Z}_{3,t} = 0.44 - 0.40f_1^{h_2} - 0.09f_2^{h_2} + 1.57f_3^{h_2} - 0.92f_4^{h_2} + 0.38f_5^{h_2} - 0.49f_6^{h_2} + 1.30f_7^{h_2}, \quad (4.15)$$

dengan:

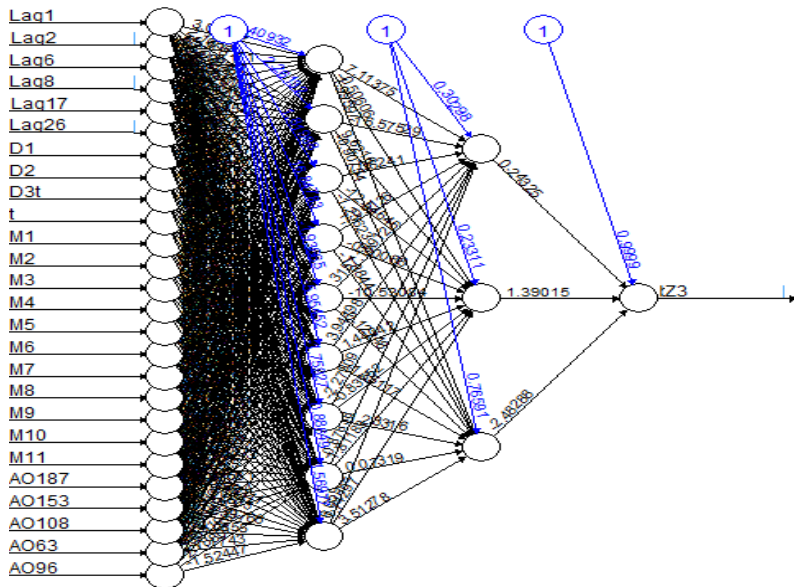
$$f_1^{h_2}(\cdot) = (1 + \exp(-(0.46 - 0.23f_1^{h_1} + 1.24f_2^{h_1} + 0.40f_3^{h_1})))^{-1},$$

$$\begin{aligned}
f_2^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-8,98 - 8,58 f_1^{h_1} + 126,85 f_2^{h_1} + 161,86 f_3^{h_1})))^{-1}, \\
f_3^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-0,95 - 0,91 f_1^{h_1} + 2,55 f_2^{h_1} + 2,67 f_3^{h_1})))^{-1}, \\
f_4^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(0,91 - 1,58 f_1^{h_1} - 0,31 f_2^{h_1} + 4,50 f_3^{h_1})))^{-1}, \\
f_5^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-0,04 - 0,64 f_1^{h_1} - 0,03 f_2^{h_1} + 38,65 f_3^{h_1})))^{-1}, \\
f_6^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(0,35 + 0,52 f_1^{h_1} - 0,28 f_2^{h_1} + 0,16 f_3^{h_1})))^{-1}, \\
f_7^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-0,66 + 0,11 f_1^{h_1} - 9,19 f_2^{h_1} + 0,64 f_3^{h_1})))^{-1}, \\
f_1^{h_1}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-1,62 + 0,75 Z_{3,t-1} + 0,64 Z_{3,t-2} - 0,81 Z_{3,t-6} + 0,44 Z_{3,t-8} \\
&\quad - 0,78 Z_{3,t-17} + 0,66 Z_{3,t-26} + 1,30 D_1 + 0,46 D_2 - 0,17 D_3 t + 1,38 t \\
&\quad + 0,50 M_1 - 0,18 M_2 + 1,53 M_3 + 0,50 M_4 - 1,61 M_5 + 0,52 M_6 \\
&\quad + 0,56 M_7 - 0,37 M_8 - 0,80 M_9 + 0,06 M_{10} - 0,68 M_{11} - 0,55 I_t^{(187)} \\
&\quad + 0,50 I_t^{(153)} + 1,70 I_t^{(108)} + 0,73 I_t^{(63)} - 0,11 I_t^{(96)})))^{-1}, \\
f_2^{h_1}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-1,05 - 0,84 Z_{3,t-1} - 1,12 Z_{3,t-2} - 1,50 Z_{3,t-6} - 1,68 Z_{3,t-8} \\
&\quad - 4,42 Z_{3,t-17} - 2,87 Z_{3,t-26} + 5,80 D_1 + 8,85 D_2 + 0,54 D_3 t - 0,05 t \\
&\quad + 0,73 M_1 - 0,39 M_2 - 0,27 M_3 - 0,51 M_4 - 0,24 M_5 - 0,19 M_6 \\
&\quad - 1,06 M_7 - 0,29 M_8 - 0,33 M_9 + 0,39 M_{10} + 0,14 M_{11} - 1,84 I_t^{(187)} \\
&\quad + 6,62 I_t^{(153)} - 0,80 I_t^{(108)} + 1,79 I_t^{(63)} + 0,06 I_t^{(96)})))^{-1}, \\
f_3^{h_1}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-3,03 + 1,91 Z_{3,t-1} + 1,83 Z_{3,t-2} + 1,65 Z_{3,t-6} - 2,42 Z_{3,t-8} \\
&\quad - 1,88 Z_{3,t-17} - 3,55 Z_{3,t-26} + 0,97 D_1 + 2,50 D_2 - 0,02 D_3 t + 0,03 t \\
&\quad - 0,82 M_1 - 2,60 M_2 - 1,86 M_3 - 2,32 M_4 - 1,90 M_5 - 2,20 M_6 \\
&\quad - 1,87 M_7 - 2,17 M_8 - 2,83 M_9 - 0,83 M_{10} - 1,35 M_{11} - 705,23 I_t^{(187)} \\
&\quad - 1,02 I_t^{(153)} + 0,35 I_t^{(108)} - 347,54 I_t^{(63)} - 3,25 I_t^{(96)})))^{-1},
\end{aligned}$$

*Time series plot* perbandingan nilai ramalan dan data asli dengan DLNN (26,3,7,1) digambarkan pada Gambar 4.23.



**Gambar 4.23** *Plot Time Series* Perbandingan Data *Training* dan *Fits* (a) serta Data *Testing* dan Ramalan (b) Model DLNN (26,3,7,1) Pada Jumlah Barang Yang Dimuat Pada Penerbangan Domestik



**Gambar 4.24** Arsitektur DLNN (26,9,3,1) Pada Jumlah Barang Yang Dimuat Pada Penerbangan Domestik

#### 4.2.4 Pemodelan Jumlah Barang Yang Dimuat Pada Penerbangan Internasional di Bandar Udara Internasional Juanda

Pemodelan dilakukan pada jumlah barang yang dimuat pada penerbangan internasional di Bandar Udara Internasional Juanda dengan membandingkan 5 metode. Proses pembentukan model ARIMAX sama seperti pada 4.2.1 poin pertama. Namun pemodelan ini menggunakan estimasi parameter *Conditional Least Square* (CLS). Model ARIMAX yang didapatkan telah memenuhi asumsi *white noise* dan berdistribusi normal. Pemodelan ARIMAX untuk jumlah barang yang dimuat pada penerbangan internasional di Bandar Udara Internasional Juanda secara lengkap dijelaskan pada Lampiran 7. Model ARIMAX dengan komponen tren, musiman, variasi kalender serta

komponen *noise* yang mengikuti model ARIMA  $([1,2,35],0,1)$  secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Z_{4,t} = & 628,94 + 9,48t - 153,47D_2 + 758,56D_3 - 14,42D_4t - 7,04D_{2,t} \\
 & - 12,67D_{3,t} - 101,19M_2 - 62,10M_4 - 55,99M_5 - 45,90M_8 \\
 & - 43,71M_9 - 79,90L_{2(t-1)} - 125,51L_{2(t)} - 115,33L_{4(t)} + 101,30L_{3(t+1)} \quad (4.16) \\
 & + \frac{(1 + 0,62B)}{(1 + 1,03B - 0,36B^2 - 0,11B^{35})} \varepsilon_{4,t}.
 \end{aligned}$$

Selanjutnya pengujian *white* didapatkan hasil jumlah barang yang dimuat pada penerbangan internasional di Bandar Udara Internasional Juanda berpola linier. Namun variabel tersebut tetap dilakukan pemodelan dalam metode nonlinier, yaitu model FFNN, DLNN, dan *hybrid*.

Model kedua yaitu FFNN, dimana proses pembentukan model FFNN sama seperti pada 4.2.1 poin kedua. Pemodelan FFNN untuk jumlah barang yang dimuat pada penerbangan internasional di Bandar Udara Internasional Juanda secara lengkap dijelaskan pada Lampiran 7e. Model FFNN terbaik berdasarkan nilai RMSEP yaitu FFNN (18,8,1). Selanjutnya model ketiga, proses pembentukan model *hybrid* ARIMAX-FFNN sama seperti pada 4.2.1 poin ketiga, yaitu dengan dua skenario *input layer*. Pemodelan *hybrid* ARIMAX-FFNN untuk jumlah barang yang dimuat pada penerbangan domestik di Bandar Udara Internasional Juanda secara lengkap dijelaskan pada Lampiran 7f. Model *hybrid* ARIMAX-FFNN terbaik untuk masing-masing jenis *input layer* yaitu ARIMAX-FFNN (18,3,1) dan ARIMAX-FFNN (3,9,1).

Model keempat, dengan proses pembentukan model DLNN sama seperti pada 4.2.1 poin keempat. Pemodelan DLNN untuk jumlah barang yang dimuat pada penerbangan internasional di Bandar Udara Internasional Juanda secara lengkap dijelaskan pada Lampiran 7g. Model DLNN terbaik yaitu DLNN (18,3,7,1). Selanjutnya model terakhir, dengan proses pembentukan model *hybrid* ARIMAX-DLNN sama seperti pada 4.2.1 poin kelima, yaitu dengan dua skenario *input layer*. Pemodelan *hybrid* ARIMAX-DLNN untuk jumlah barang yang dimuat pada

penerbangan internasional di Bandar Udara Internasional Juanda secara lengkap dijelaskan pada Lampiran 7h. Model *hybrid* ARIMAX-DLNN terbaik untuk masing-masing jenis *input layer* yaitu ARIMAX-DLNN (18,6,2,1) dan ARIMAX-DLNN (3,3,7,1).

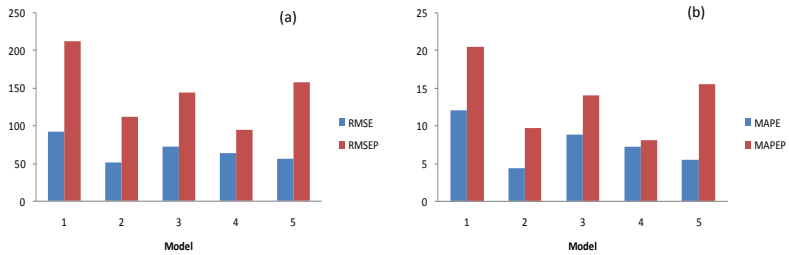
Nilai kesalahan berupa nilai RMSE, MAPE, RMSEP, dan MAPEP dari kelima model yang telah didapatkan untuk meramalkan jumlah barang yang dimuat pada penerbangan domestik di Bandar Udara Internasional Juanda dapat dilihat pada Tabel 4.9. Model *hybrid* terbaik dengan nilai RMSEP terkecil yaitu ARIMAX-FFNN (18,3,1) dan ARIMAX-DLNN (18,6,2,1).

**Tabel 4.9** Nilai RMSE dan MAPE Pada 5 Model Jumlah Barang Yang Dimuat Pada Penerbangan Internasional

| Model                 | RMSE  | MAPE  | RMSEP        | MAPEP       |
|-----------------------|-------|-------|--------------|-------------|
| ARIMAX                | 91,59 | 12,06 | 213,17       | 20,54       |
| FFNN (18,8,1)         | 51,23 | 4,38  | 112,04       | 9,71        |
| ARIMAX-FFNN(18,3,1)   | 72,16 | 8,87  | 144,59       | 14,11       |
| DLNN (18,3,7,1)       | 63,68 | 7,17  | <b>94,83</b> | <b>8,11</b> |
| ARIMAX-DLNN(18,6,2,1) | 56,02 | 5,47  | 158,18       | 15,53       |

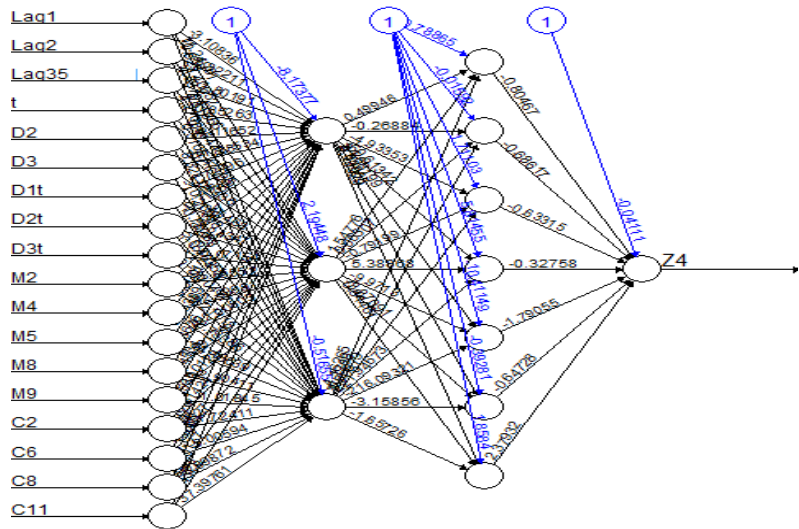
Ket: Angka yang dicetak tebal merupakan RMSEP dan MAPEP terkecil

Secara visual perbedaan nilai RMSE dan MAPE pada data *training* dan *testing* dapat dilihat pada Gambar 4.25. Pemodelan FFNN, DLNN dan *hybrid* mampu menurunkan nilai kesalahan RMSE dan MAPE pada data *training* jika dibandingkan dengan model ARIMAX. Model terbaik untuk meramalkan jumlah barang yang dimuat pada penerbangan internasional di Bandar Udara Internasional Juanda adalah DLNN (18,3,7,1) dengan nilai RMSEP dan MAPEP terkecil.



**Gambar 4.26** Grafik Nilai RMSE dan RMSEP (a) serta MAPE dan MAPEP (b) Pada Jumlah Barang Yang Dimuat Pada Penerbangan Internasional

Arsitektur model DLNN (18,3,7,1) dapat dilihat pada Gambar 4.26.



**Gambar 4.26** Arsitektur DLNN (18,3,7,1) Pada Jumlah Barang Yang Dimuat Pada Penerbangan Internasional

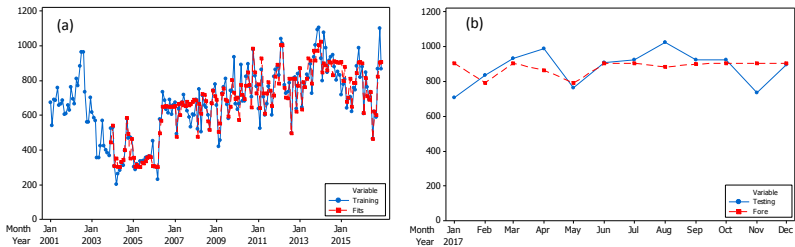
Model DLNN (18,3,7,1) secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \hat{Z}_{4,i} = & -0,04 - 0,80f_1^{h_2} - 0,69f_2^{h_2} - 0,63f_3^{h_2} - 0,33f_4^{h_2} \\ & - 1,79f_5^{h_2} - 0,65f_6^{h_2} + 2,38f_7^{h_2}, \end{aligned} \quad (4.17)$$

dengan:

$$\begin{aligned}
 f_1^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(0,79 + 0,50f_1^{h_1} + 1,55f_2^{h_1} - 4,16f_3^{h_1})))^{-1}, \\
 f_2^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-0,02 - 0,27f_1^{h_1} + 0,06f_2^{h_1} - 1,27f_3^{h_1})))^{-1}, \\
 f_3^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(1,71 - 4,93f_1^{h_1} - 0,79f_2^{h_1} + 4,51f_3^{h_1})))^{-1}, \\
 f_4^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(5,81 - 59,61f_1^{h_1} + 5,39f_2^{h_1} + 221,95f_3^{h_1})))^{-1}, \\
 f_5^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-10,41 + 24,68f_1^{h_1} - 9,97f_2^{h_1} - 216,09f_3^{h_1})))^{-1}, \\
 f_6^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-0,39 + 9,04f_1^{h_1} - 3,87f_2^{h_1} - 3,16f_3^{h_1})))^{-1}, \\
 f_7^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(1,86 + 9,14f_1^{h_1} + 0,84f_2^{h_1} - 1,66f_3^{h_1})))^{-1}, \\
 f_1^{h_1}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-8,17 - 3,11Z_{4,j-1} - 5,32Z_{4,j-2} - 1,80Z_{4,j-35} + 0,85t \\
 &\quad - 4,12D_2 - 11,29D_3 - 1,73D_4t - 0,72D_2t - 0,66D_3t - 0,15M_2 \\
 &\quad + 0,30M_4 + 3,85M_5 + 1,64M_8 - 0,65M_9 - 1,35L_{2(t-1)} - 1,65L_{2(t)} \\
 &\quad - 756,80L_{4(t)} + 0,30L_{3(t+1)})))^{-1}, \\
 f_2^{h_1}(\cdot) &= (1 + \exp(-(2,19 + 11,25Z_{4,j-1} - 1,41Z_{4,j-2} + 4,82Z_{4,j-35} + 0,95t \\
 &\quad - 0,47D_2 + 1,06D_3 - 1,15D_4t + 0,24D_2t - 0,07D_3t - 5,66M_2 \\
 &\quad - 42,70M_4 - 102,01M_5 + 1,99M_8 + 3,50M_9 + 3,81L_{2(t-1)} \\
 &\quad + 3,19L_{2(t)} + 0,20L_{4(t)} + 0,94L_{3(t+1)})))^{-1}, \\
 f_3^{h_1}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-0,52 + 10,63Z_{4,j-1} + 4,34Z_{4,j-2} + 4,27Z_{4,j-35} + 0,31t \\
 &\quad + 8,32D_2 - 10,27D_3 + 0,77D_4t - 0,46D_2t - 0,31D_3t - 5,21M_2 \\
 &\quad - 2,73M_4 - 4,19M_5 - 2,90M_8 - 1,02M_9 - 1,72L_{2(t-1)} - 5,01L_{2(t)} \\
 &\quad + 3,90L_{4(t)} + 37,40L_{3(t+1)})))^{-1}.
 \end{aligned}$$

*Time series plot* perbandingan nilai ramalan dan data asli dengan DLNN (18,3,7,1) digambarkan pada Gambar 4.27.



**Gambar 4.27** *Plot Time Series* Perbandingan Data *Training* dan *Fits* (a) serta Data *Testing* dan Ramalan (b) Model DLNN (18,3,7,1) Pada Jumlah Barang Yang Dimuat Pada Penerbangan Internasional

#### 4.2.5 Pemodelan Jumlah Penumpang Keberangkatan Dalam Negeri di Pelabuhan Tanjung Perak

Pemodelan dilakukan pada jumlah penumpang keberangkatan dalam negeri di Pelabuhan Tanjung Perak dengan membandingkan 5 metode. Proses pembentukan model ARIMAX sama seperti pada 4.2.1 poin pertama. Namun pemodelan ini menggunakan estimasi parameter *Conditional Least Square* (CLS). Model ARIMAX yang didapatkan telah memenuhi asumsi *white noise* dan berdistribusi normal. Pemodelan ARIMAX untuk jumlah penumpang keberangkatan dalam negeri di Pelabuhan Tanjung Perak secara lengkap dijelaskan pada Lampiran 8. Model ARIMAX dengan komponen tren, musiman, variasi kalender, serta *noise* yang mengikuti model ARIMA  $([1,2,15,17],0,0)$  secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Z_{5,t} = & 44461,5 - 201,22t - 7243,5M_2 - 5920,1M_3 - 5420,2M_4 \\
 & - 5253,4M_5 + 9295,1M_7 + 6869,0M_{10} - 9043,9L_{2(t-1)} \\
 & - 7709,7L_{3(t-1)} + 71132,8L_{1(t)} + 38161,5L_{2(t)} + 20601,9L_{3(t)} \\
 & - 9516,9L_{4(t)} + 19757,8L_{1(t+1)} + 27629,1L_{2(t+1)} + 52832,6L_{3(t+1)} \\
 & + 71252,1L_{4(t+1)} + \frac{1}{(1 + 0,17B + 0,31B^2 - 0,17B^{15} + 0,17B^{17})} \varepsilon_{5,t}.
 \end{aligned} \tag{4.18}$$

Selanjutnya pengujian *white* didapatkan hasil jumlah penumpang keberangkatan dalam negeri di Pelabuhan Tanjung Perak berpola linier. Namun variabel tersebut tetap dilakukan pemodelan dalam metode nonlinier, yaitu model FFNN, DLNN, dan *hybrid*.

Model kedua yaitu FFNN, dimana proses pembentukan model FFNN sama seperti pada 4.2.1 poin kedua. Pemodelan FFNN untuk jumlah penumpang keberangkatan dalam negeri di Pelabuhan Tanjung Perak secara lengkap dijelaskan pada Lampiran 8e. Model FFNN terbaik berdasarkan nilai RMSEP yaitu FFNN (21,4,1). Selanjutnya model ketiga, proses pembentukan model *hybrid* ARIMAX-FFNN sama seperti pada 4.2.1 poin ketiga, yaitu dengan dua skenario *input layer*. Pemodelan *hybrid* ARIMAX-FFNN untuk jumlah penumpang



keberangkatan dalam negeri di Pelabuhan Tanjung Perak secara lengkap dijelaskan pada Lampiran 8f. Model *hybrid* ARIMAX-FFNN terbaik untuk masing-masing skenario *input layer* yaitu ARIMAX-FFNN (21,8,1) dan ARIMAX-FFNN (4,10,1).

Model keempat, dengan proses pembentukan model DLNN sama seperti pada 4.2.1 poin keempat. Pemodelan DLNN untuk jumlah penumpang keberangkatan dalam negeri di Pelabuhan Tanjung Perak secara lengkap dijelaskan pada Lampiran 8g. Model DLNN terbaik yaitu DLNN (21,7,1,1). Selanjutnya model terakhir, dengan proses pembentukan model *hybrid* ARIMAX-DLNN sama seperti pada 4.2.1 poin kelima, yaitu dengan dua skenario *input layer*. Pemodelan *hybrid* ARIMAX-DLNN untuk jumlah penumpang keberangkatan dalam negeri di Pelabuhan Tanjung Perak secara lengkap dijelaskan pada Lampiran 8h. Model *hybrid* ARIMAX-DLNN terbaik untuk masing-masing jenis *input layer* yaitu ARIMAX-DLNN (21,9,9,1) dan ARIMAX-DLNN (4,8,10,1).

Nilai kesalahan berupa nilai RMSE, MAPE, RMSEP, dan MAPEP dari kelima model yang telah didapatkan untuk meramalkan jumlah penumpang keberangkatan dalam negeri di Pelabuhan Tanjung Perak dapat dilihat pada Tabel 4.10. Model *hybrid* terbaik dengan nilai RMSEP terkecil yaitu *hybrid* ARIMAX-FFNN (21,8,1) dan *hybrid* ARIMAX-DLNN (21,9,9,1).

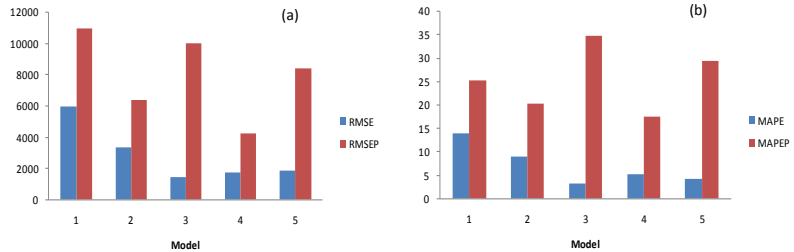
**Tabel 4.10** Nilai RMSE dan MAPE Pada 5 Model Jumlah Penumpang Keberangkatan Dalam Negeri

| Model                 | RMSE    | MAPE  | RMSEP          | MAPEP        |
|-----------------------|---------|-------|----------------|--------------|
| ARIMAX                | 5989,60 | 13,90 | 10968,19       | 25,23        |
| FFNN (21,4,1)         | 3320,97 | 8,90  | 6396,47        | 20,31        |
| ARIMAX-FFNN(21,8,1)   | 1457,98 | 3,21  | 10003,00       | 34,74        |
| DLNN (21,7,1,1)       | 1718,77 | 5,17  | <b>4219,44</b> | <b>17,51</b> |
| ARIMAX-DLNN(21,9,9,1) | 1836,95 | 4,23  | 8432,55        | 29,37        |

Ket: Angka yang dicetak tebal merupakan RMSEP dan MAPEP terkecil

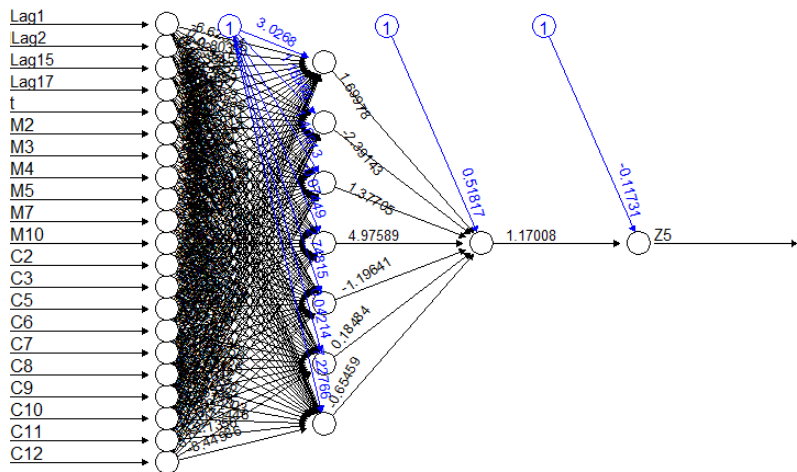
Secara visual perbedaan nilai RMSE dan MAPE pada data *training* dan *testing* dapat dilihat pada Gambar 4.28. Pemodelan

nonlinier serta dengan *hybrid* mampu menurunkan nilai kesalahan RMSE dan MAPE pada data *training*. Namun metode DLNN memiliki nilai kesalahan terkecil untuk data *testing*. Sehingga model terbaik untuk meramalkan jumlah penumpang keberangkatan dalam negeri di Pelabuhan Tanjung Perak adalah DLNN (21,7,1,1).



**Gambar 4.28** Grafik Nilai RMSE dan RMSEP (a) serta MAPE dan MAPEP (b) Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan Dalam Negeri

Arsitektur model DLNN (21,7,1,1) dapat dilihat pada Gambar 4.29.



**Gambar 4.29** Arsitektur DLNN (21,7,1,1) Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan Dalam Negeri

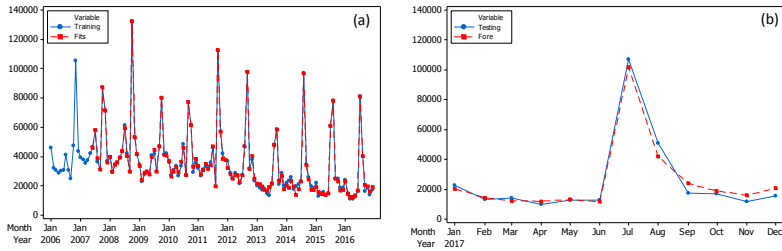
Model DLNN (21,7,1,1) secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$\hat{Z}_{5,j} = -0,12 + 1,17 f^{h_2}, \quad (4.19)$$

dengan:

$$\begin{aligned} f^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(0,52 + 1,70 f_1^{h_1} + 1,70 f_2^{h_1} + 1,70 f_3^{h_1} + 1,70 f_4^{h_1} + 1,70 f_5^{h_1} \\ &\quad + 1,70 f_6^{h_1} + 1,70 f_7^{h_1})))^{-1}, \\ f_1^{h_1}(\cdot) &= (1 + \exp(-(3,03 - 6,63 Z_{5,j-1} - 0,80 Z_{5,j-2} + 0,35 Z_{5,j-15} + 5,44 Z_{5,j-17} \\ &\quad - 0,38 t + 6,45 M_2 + 4,69 M_3 + 3,51 M_4 + 4,98 M_5 - 374,30 M_7 \\ &\quad + 0,003 M_{10} - 3,21 L_{2(t-1)} + 10,35 L_{3(t-1)} - 3,19 L_{4(t)} - 2,88 L_{2(t)} + 7,38 L_{3(t)} \\ &\quad + 21,67 L_{4(t)} + 8,38 L_{1(t+1)} + 2,47 L_{2(t+1)} - 24,69 L_{3(t+1)} - 3,94 L_{4(t+1)})))^{-1}, \\ f_2^{h_1}(\cdot) &= (1 + \exp(-(1,16 + 0,04 Z_{5,j-1} - 0,72 Z_{5,j-2} + 0,13 Z_{5,j-15} - 2,29 Z_{5,j-17} \\ &\quad + 0,01 t + 0,68 M_2 + 33,97 M_3 + 35,34 M_4 + 1,23 M_5 + 0,32 M_7 \\ &\quad - 0,46 M_{10} + 0,43 L_{2(t-1)} + 1,21 L_{3(t-1)} - 1,91 L_{4(t)} - 2,06 L_{2(t)} - 1,46 L_{3(t)} \\ &\quad + 35,54 L_{4(t)} + 0,34 L_{1(t+1)} - 2,37 L_{2(t+1)} - 1,79 L_{3(t+1)} - 4,38 L_{4(t+1)})))^{-1}, \\ f_3^{h_1}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-1,41 - 8,57 Z_{5,j-1} + 1,18 Z_{5,j-2} + 0,79 Z_{5,j-15} + 2,22 Z_{5,j-17} \\ &\quad + 0,08 t - 0,05 M_2 - 2,96 M_3 - 2,30 M_4 - 2,97 M_5 + 1,45 M_7 \\ &\quad + 39,50 M_{10} + 0,21 L_{2(t-1)} + 2,19 L_{3(t-1)} + 10,19 L_{4(t)} + 1,85 L_{2(t)} - 4,05 L_{3(t)} \\ &\quad - 0,80 L_{4(t)} + 6,53 L_{1(t+1)} + 5,54 L_{2(t+1)} + 34,11 L_{3(t+1)} - 2,15 L_{4(t+1)})))^{-1}, \\ f_4^{h_1}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-0,07 - 12,68 Z_{5,j-1} + 6,29 Z_{5,j-2} + 6,19 Z_{5,j-15} - 0,58 Z_{5,j-17} \\ &\quad - 0,16 t - 189,44 M_2 + 0,87 M_3 - 268,12 M_4 + 2,69 M_5 + 1,93 M_7 \\ &\quad - 0,37 M_{10} + 0,69 L_{2(t-1)} + 3,07 L_{3(t-1)} + 4,74 L_{4(t)} + 1,64 L_{2(t)} + 3,35 L_{3(t)} \\ &\quad + 4,82 L_{4(t)} + 8,83 L_{1(t+1)} + 2,71 L_{2(t+1)} - 21,54 L_{3(t+1)} + 7,73 L_{4(t+1)})))^{-1}, \\ f_5^{h_1}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-2,75 - 19,30 Z_{5,j-1} + 13,00 Z_{5,j-2} + 3,24 Z_{5,j-15} + 3,14 Z_{5,j-17} \\ &\quad + 0,07 t + 0,51 M_2 - 5,39 M_3 - 4,49 M_4 - 3,30 M_5 - 6,51 M_7 \\ &\quad + 6,14 M_{10} + 2,32 L_{2(t-1)} + 2,67 L_{3(t-1)} - 4,46 L_{4(t)} - 1,05 L_{2(t)} - 1,94 L_{3(t)} \\ &\quad + 1,55 L_{4(t)} + 1,11 L_{1(t+1)} + 14,31 L_{2(t+1)} - 5,47 L_{3(t+1)} - 3,44 L_{4(t+1)})))^{-1}, \\ f_6^{h_1}(\cdot) &= (1 + \exp(-(0,04 + 0,93 Z_{5,j-1} + 1,11 Z_{5,j-2} + 1,08 Z_{5,j-15} - 0,42 Z_{5,j-17} \\ &\quad + 2,01 t - 1,34 M_2 + 1,10 M_3 + 0,98 M_4 + 0,30 M_5 - 1,09 M_7 \\ &\quad + 1,67 M_{10} + 0,59 L_{2(t-1)} - 0,18 L_{3(t-1)} + 0,73 L_{4(t)} + 1,63 L_{2(t)} + 0,51 L_{3(t)} \\ &\quad + 0,03 L_{4(t)} - 1,47 L_{1(t+1)} + 1,07 L_{2(t+1)} - 0,59 L_{3(t+1)} + 0,81 L_{4(t+1)})))^{-1}, \\ f_7^{h_1}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-7,23 - 2,45 Z_{5,j-1} - 18,75 Z_{5,j-2} - 1,16 Z_{5,j-15} - 2,89 Z_{5,j-17} \\ &\quad + 0,16 t + 1,15 M_2 + 1,45 M_3 - 0,80 M_4 - 1,80 M_5 + 6,41 M_7 \\ &\quad + 40,66 M_{10} + 1,43 L_{2(t-1)} - 8,02 L_{3(t-1)} - 18,89 L_{4(t)} - 0,21 L_{2(t)} - 7,60 L_{3(t)} \\ &\quad + 0,50 L_{4(t)} - 2,14 L_{1(t+1)} - 3,75 L_{2(t+1)} - 2,14 L_{3(t+1)} - 8,45 L_{4(t+1)})))^{-1}. \end{aligned}$$

*Time series plot* perbandingan nilai ramalan dan data asli dengan DLNN (21,7,1,1) dapat dilihat pada Gambar 4.30.



**Gambar 4.30** *Plot Time Series* Perbandingan Data *Training* dan *Fits* (a) serta Data *Testing* dan Ramalan (b) Model DLNN (21,7,1,1) Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan Dalam Negeri

#### 4.2.6 Pemodelan Jumlah Penumpang Kedatangan Dalam Negeri di Pelabuhan Tanjung Perak

Pemodelan dilakukan pada jumlah penumpang kedatangan dalam negeri di Pelabuhan Tanjung Perak dengan membandingkan 5 metode. Proses pembentukan model ARIMAX sama seperti pada 4.2.1 poin pertama. Model ARIMAX yang didapatkan telah memenuhi asumsi *white noise* dan berdistribusi normal. Pemodelan ARIMAX untuk jumlah penumpang kedatangan dalam negeri di Pelabuhan Tanjung Perak secara lengkap dijelaskan pada Lampiran 9. Model ARIMAX dengan komponen tren, musiman, variasi kalender, serta *noise* yang mengikuti model ARIMA ([1,3,11,23,24],0,[2]) secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Z_{6,t} = & 31403,3 - 7500,8M_1 - 13082,4M_2 - 9868,8M_3 - 10886,6M_4 \\
 & - 8495,3M_5 + 10381,0M_7 - 2184,7M_9 - 4125,0M_{10} - 6806,6M_{11} \\
 & + 34962,8L_{1(t-1)} + 16528,8L_{2(t-1)} + 5150,5L_{3(t-1)} + 7843,5L_{4(t-1)} \\
 & + 12793,0L_{1(t)} + 43106,1L_{2(t)} + 49763,6L_{3(t)} + 49953,1L_{4(t)} \\
 & - 6147,0L_{1(t+1)} + 11200,5L_{4(t+1)} \\
 & - \frac{(1 + 0,48B^2)}{(1 + 0,53B + 0,19B^3 + 0,24B^{11} + 0,49B^{23} - 0,53B^{24})} \epsilon_{6,t}.
 \end{aligned} \tag{4.20}$$

Selanjutnya pengujian *white* didapatkan hasil jumlah penumpang kedatangan dalam negeri di Pelabuhan Tanjung Perak berpola nonlinier. Maka variabel tersebut sesuai untuk dilakukan pemodelan dalam metode nonlinier, yaitu model FFNN, DLNN, dan *hybrid*.

Model kedua yaitu FFNN, dimana proses pembentukan model FFNN sama seperti pada 4.2.1 poin kedua. Pemodelan FFNN untuk jumlah penumpang kedatangan dalam negeri di Pelabuhan Tanjung Perak secara lengkap dijelaskan pada Lampiran 9e. Model FFNN terbaik berdasarkan nilai RMSEP yaitu FFNN (24,1,1). Selanjutnya model ketiga, proses pembentukan model *hybrid* ARIMAX-FFNN sama seperti pada 4.2.1 poin ketiga, yaitu dengan dua skenario *input layer*. Pemodelan *hybrid* ARIMAX-FFNN untuk jumlah penumpang kedatangan dalam negeri di Pelabuhan Tanjung Perak secara lengkap dijelaskan pada Lampiran 9f. Model *hybrid* ARIMAX-FFNN terbaik untuk masing-masing skenario *input layer* yaitu ARIMAX-FFNN (24,1,1) dan ARIMAX-FFNN (5,3,1).

Model keempat, dengan proses pembentukan model DLNN sama seperti pada 4.2.1 poin keempat. Pemodelan DLNN untuk jumlah penumpang kedatangan dalam negeri di Pelabuhan Tanjung Perak secara lengkap dijelaskan pada Lampiran 9g. Model DLNN terbaik yaitu DLNN (24,2,3,1). Selanjutnya model terakhir, dengan proses pembentukan model *hybrid* ARIMAX-DLNN sama seperti pada 4.2.1 poin kelima, yaitu dengan dua skenario *input layer*. Pemodelan *hybrid* ARIMAX-DLNN untuk jumlah penumpang kedatangan dalam negeri di Pelabuhan Tanjung Perak secara lengkap dijelaskan pada Lampiran 9h. Model *hybrid* ARIMAX-DLNN terbaik untuk masing-masing skenario *input layer* yaitu ARIMAX-DLNN (24,1,8,1) dan ARIMAX-DLNN (5,10,8,1).

Nilai kesalahan berupa nilai RMSE, MAPE, RMSEP, dan MAPEP dari kelima model yang telah didapatkan untuk meramalkan jumlah penumpang kedatangan dalam negeri di Pelabuhan Tanjung Perak dapat dilihat pada Tabel 4.11. Model

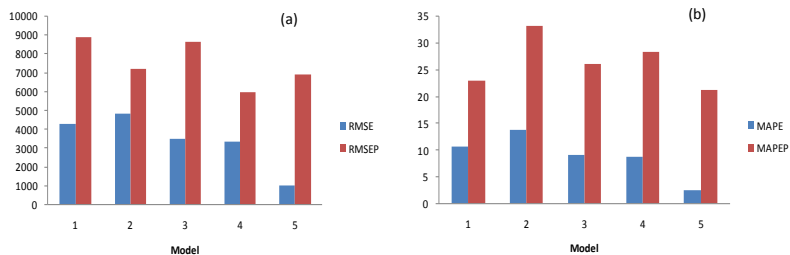
*hybrid* ARIMAX-FFNN terbaik dengan nilai RMSEP terkecil yaitu ARIMAX-FFNN (5,3,1). Sedangkan model *hybrid* ARIMAX-DLNN terbaik yaitu model ARIMAX-DLNN (5,10,8,1).

**Tabel 4.11** Nilai RMSE dan MAPE Pada 5 Model Jumlah Penumpang Kedatangan Dalam Negeri

| Model                 | RMSE    | MAPE  | RMSEP          | MAPEP        |
|-----------------------|---------|-------|----------------|--------------|
| ARIMAX                | 4260,60 | 10,63 | 8923,65        | 22,93        |
| FFNN (24,1,1)         | 4847,72 | 13,67 | 7218,84        | 33,19        |
| ARIMAX-FFNN(5,3,1)    | 3494,93 | 9,14  | 8673,89        | 26,05        |
| DLNN (24,2,3,1)       | 3338,90 | 8,70  | <b>5993,81</b> | <b>28,31</b> |
| ARIMAX-DLNN(5,10,8,1) | 990,19  | 2,41  | 6899,98        | 21,16        |

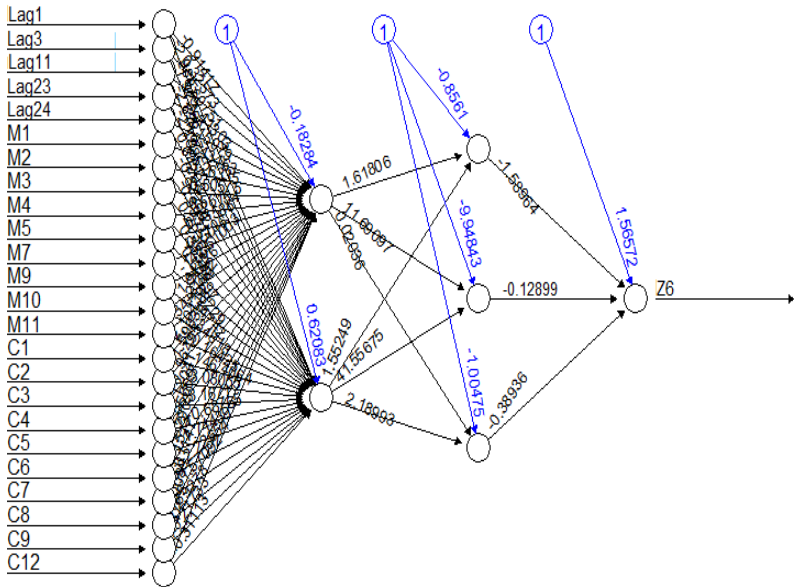
Ket: Angka yang dicetak tebal merupakan RMSEP dan MAPEP terkecil

Secara visual perbedaan nilai RMSE dan MAPE pada data *training* dan *testing* dapat dilihat pada Gambar 4.31. Pemodelan dengan *hybrid* ARIMAX-DLNN memiliki nilai kesalahan RMSE dan MAPE yang jauh lebih kecil pada data *training* dibandingkan dengan model lainnya. Namun metode DLNN memiliki nilai kesalahan terkecil untuk data *testing*. Sehingga model terbaik untuk meramalkan jumlah penumpang kedatangan dalam negeri di Pelabuhan Tanjung Perak adalah DLNN (24,2,3,1).



**Gambar 4.31** Grafik Nilai RMSE dan RMSEP (a) serta MAPE dan MAPEP (b) Pada Jumlah Penumpang Kedatangan Dalam Negeri

Arsitektur model DLNN (24,2,3,1) dapat dilihat pada Gambar 4.32.



**Gambar 4.32** Arsitektur DLNN (24,2,3,1) Pada Jumlah Penumpang Keberangkatan Dalam Negeri

Model DLNN (24,2,3,1) secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$\hat{Z}_{6,t} = 1,57 - 1,59 f_1^{h_2} - 0,13 f_2^{h_2} - 0,39 f_3^{h_2}, \quad (4.21)$$

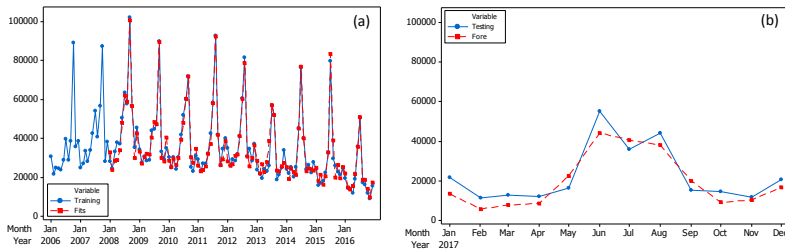
dengan:

$$\begin{aligned} f_1^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-0,86 + 1,62 f_1^{h_1} + 1,55 f_2^{h_1})))^{-1}, \\ f_2^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-9,95 + 11,69 f_1^{h_1} + 41,56 f_2^{h_1})))^{-1}, \\ f_3^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-1,01 + 0,02 f_1^{h_1} + 2,19 f_2^{h_1})))^{-1}, \end{aligned}$$

$$f_1^h(.) = (1 + \exp(-(-0,18 - 0,91Z_{6,t-1} + 0,33Z_{6,t-3} + 1,61Z_{6,t-11} - 1,41Z_{6,t-23} - 4,15Z_{6,t-24} + 2,43M_1 + 3,26M_2 + 0,51M_3 + 0,56M_4 + 0,34M_5 - 0,77M_7 - 142,51M_9 + 1,94M_{10} + 34,22M_{11} + 2,10L_{1(t-1)} - 1,60L_{2(t-1)} + 1,96L_{3(t-1)} + 0,12L_{4(t-1)} - 4,56L_{1(t)} - 1,88L_{2(t)} - 1,72L_{3(t)} - 115,01L_{4(t)} + 36,70L_{1(t+1)} - 1,05L_{4(t+1)})))^{-1},$$

$$f_2^h(.) = (1 + \exp(-(-0,62 - 2,98Z_{6,t-1} - 1,97Z_{6,t-3} - 2,67Z_{6,t-11} - 2,19Z_{6,t-23} + 0,64Z_{6,t-24} - 0,82M_1 - 0,39M_2 + 0,20M_3 + 0,36M_4 + 0,60M_5 - 0,68M_7 + 4,15M_9 + 0,35M_{10} - 0,16M_{11} - 146,41L_{1(t-1)} + 3,08L_{2(t-1)} + 3,17L_{3(t-1)} - 0,69L_{4(t-1)} + 1,74L_{1(t)} - 2,23L_{2(t)} - 1,57L_{3(t)} + 2,93L_{4(t)} + 0,22L_{1(t+1)} - 0,31L_{4(t+1)})))^{-1}.$$

*Time series plot* perbandingan nilai ramalan dan data asli dengan DLNN (24,2,3,1) dapat dilihat pada Gambar 4.33.



**Gambar 4.33** *Plot Time Series* Perbandingan Data *Training* dan *Fits* (a) serta Data *Testing* dan Ramalan (b) Model DLNN (19,6,4,1) Pada Jumlah Penumpang Pada Kedatangan Dalam Negeri

#### 4.2.7 Pemodelan Jumlah Barang Dalam Negeri Yang Dibongkar di Pelabuhan Tanjung Perak

Pemodelan dilakukan pada jumlah barang dalam negeri yang dibongkar di Pelabuhan Tanjung Perak dengan membandingkan 5 metode. Proses pembentukan model ARIMAX sama seperti pada 4.2.1 poin pertama. Namun pemodelan ini menggunakan estimasi parameter *Conditional Least Square* (CLS) dengan penambahan *dummy outlier*. Hal tersebut dilakukan untuk menanggulangi residual tidak berdistribusi normal. Penambahan *dummy outlier* sebanyak 13 mampu



menghasilkan model ARIMAX yang memenuhi asumsi *white noise* dan berdistribusi normal. Pemodelan ARIMAX untuk pada jumlah barang dalam negeri yang dibongkar di Pelabuhan Tanjung Perak secara lengkap dijelaskan pada Lampiran 10. Model ARIMAX dengan komponen tren, musiman, variasi kalender, serta komponen *noise* yang mengikuti model ARIMA ([1,2,4,6,11,13,16,24],0,[9]) secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Z_{7,t} = & 411954,6 + 432707,8D_1 + 251773D_2 + 7961,8D_3 + 102910,6L_{3(t-1)} + 151696,7L_{4(t-1)} \\
 & -171725,7L_{2(t)} + 437812,7I_t^{(67)} + 203336,6I_t^{(8)} - 171188,5I_t^{(24)} + 196569,6I_t^{(21)} \\
 & -241502,3I_t^{(11)} + 209619,8I_t^{(131)} + 247392,4I_t^{(10)} + 181123,4I_t^{(54)} - 240879,2I_t^{(4)} \\
 & +187976,5I_t^{(13)} - 232686,0I_t^{(7)} + 153075,3I_t^{(26)} + 217349,1I_t^{(80)} \\
 & + \frac{(1 + 0,44B^9)}{(1 + 0,20B - 0,29B^2 - 0,32B^4 - 0,31B^6 - 0,20B^{11} - 0,27B^{13} - 0,29B^{16} + 0,17B^{24})} \varepsilon_{7,t}
 \end{aligned} \tag{4.22}$$

Selanjutnya pengujian *white* didapatkan hasil jumlah barang dalam negeri yang dibongkar di Pelabuhan Tanjung Perak berpola linier. Namun variabel tersebut tetap dilakukan pemodelan dalam metode nonlinier, yaitu model FFNN, DLNN, dan *hybrid*.

Model kedua yaitu FFNN, dimana proses pembentukan model FFNN sama seperti pada 4.2.1 poin kedua. Pemodelan FFNN untuk pada jumlah barang dalam negeri yang dibongkar di Pelabuhan Tanjung Perak secara lengkap dijelaskan pada Lampiran 10e. Model FFNN terbaik berdasarkan nilai RMSEP yaitu FFNN (27,8,1). Selanjutnya model ketiga, proses pembentukan model *hybrid* ARIMAX-FFNN sama seperti pada 4.2.1 poin ketiga, yaitu dengan dua skenario *input layer*. Pemodelan *hybrid* ARIMAX-FFNN untuk pada jumlah barang dalam negeri yang dibongkar di Pelabuhan Tanjung Perak secara lengkap dijelaskan pada Lampiran 10f. Model *hybrid* ARIMAX-FFNN terbaik untuk masing-masing skenario *input layer* yaitu ARIMAX-FFNN (27,7,1) dan ARIMAX-FFNN (8,1,1).

Model keempat, dengan proses pembentukan model DLNN sama seperti pada 4.2.1 poin keempat. Pemodelan DLNN untuk

pada jumlah barang dalam negeri yang dibongkar di Pelabuhan Tanjung Perak secara lengkap dijelaskan pada Lampiran 10g. Model DLNN terbaik yaitu DLNN (27,10,1,1). Selanjutnya model terakhir, dengan proses pembentukan model *hybrid* ARIMAX-DLNN sama seperti pada 4.2.1 poin kelima, yaitu dengan dua skenario *input layer*. Pemodelan *hybrid* ARIMAX-DLNN untuk pada jumlah barang dalam negeri yang dibongkar di Pelabuhan Tanjung Perak secara lengkap dijelaskan pada Lampiran 10h. Model *hybrid* ARIMAX-DLNN terbaik untuk masing-masing skenario *input layer* yaitu ARIMAX-DLNN (27,7,8,1) dan ARIMAX-DLNN (8,10,6,1).

Nilai kesalahan berupa nilai RMSE, MAPE, RMSEP, dan MAPEP dari kelima model yang telah didapatkan untuk meramalkan pada jumlah barang dalam negeri yang dibongkar di Pelabuhan Tanjung Perak dapat dilihat pada Tabel 4.12. Model *hybrid* ARIMAX-FFNN terbaik dengan nilai RMSEP terkecil yaitu ARIMAX-FFNN (27,8,1). Sedangkan model *hybrid* ARIMAX-DLNN terbaik yaitu model ARIMAX-DLNN (8,10,6,1).

**Tabel 4.12** Nilai RMSE dan MAPE Pada 5 Model Jumlah Barang Dalam Negeri Yang Dibongkar

| Model                 | RMSE     | MAPE | RMSEP            | MAPEP        |
|-----------------------|----------|------|------------------|--------------|
| ARIMAX                | 56814,52 | 9,99 | 269149,46        | 29,51        |
| FFNN (27,8,1)         | 41546,02 | 6,36 | 281811,34        | 34,23        |
| ARIMAX-FFNN(27,7,1)   | 15877,84 | 2,35 | 247109,06        | 26,43        |
| DLNN (27,10,1,1)      | 34079,98 | 5,21 | 268147,44        | 31,23        |
| ARIMAX-DLNN(8,10,6,1) | 6843,72  | 0,91 | <b>211411,33</b> | <b>27,19</b> |

Ket: Angka yang dicetak tebal merupakan RMSEP dan MAPEP terkecil

Secara visual perbedaan nilai RMSE dan MAPE pada data *training* dan *testing* dapat dilihat pada Gambar 4.34. Pemodelan dengan *hybrid* ARIMAX-DLNN memiliki nilai kesalahan RMSE dan MAPE yang jauh lebih kecil pada data *training* dan *testing* dibandingkan dengan model lainnya. Sehingga model *hybrid* ARIMAX-DLNN (8,10,6,1) merupakan model terbaik untuk



Model *hybrid* ARIMAX-DLNN (8,10,6,1) secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$Z_{7,t} = \hat{L}_{7,t}^{(1)} + \hat{N}_{7,t}^{(2)}, \quad (4.22)$$

dimana  $\hat{L}_{7,t}^{(1)}$  merupakan model ARIMAX dan  $\hat{N}_{7,t}^{(2)}$  sebagai berikut:

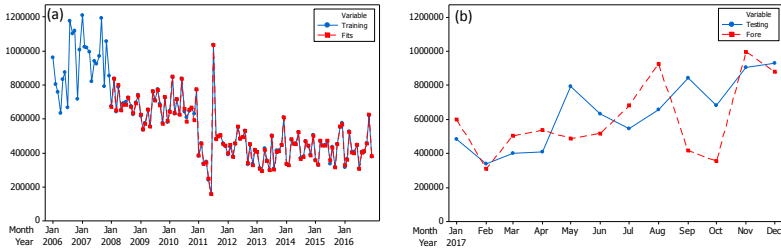
$$\hat{N}_{7,t} = 1,23 + 0,81f_1^{h_2} - 2,23f_2^{h_2} + 0,32f_3^{h_2} + 2,02f_4^{h_2} + 0,20f_5^{h_2} + 0,58f_6^{h_2} \quad (4.23)$$

dengan:

$$\begin{aligned} f_1^{h_1}(\cdot) &= (1 + \exp(-(0,70 + 22,27f_1^{h_1} - 1,96f_2^{h_1} - 3,85f_3^{h_1} - 2,54f_4^{h_1} - 0,57f_5^{h_1} \\ &\quad - 6,85f_6^{h_1} + 19,04f_7^{h_1} - 7,57f_8^{h_1} + 22,28f_9^{h_1} + 2,87f_{10}^{h_1})))^{-1}, \\ f_2^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(0,16 - 2,78f_1^{h_1} - 1,67f_2^{h_1} + 0,74f_3^{h_1} + 1,35f_4^{h_1} - 0,66f_5^{h_1} \\ &\quad + 3,13f_6^{h_1} + 7,77f_7^{h_1} - 1,05f_8^{h_1} - 31,71f_9^{h_1} + 0,43f_{10}^{h_1})))^{-1}, \\ f_3^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(2,69 - 129,94f_1^{h_1} + 1,71f_2^{h_1} - 0,59f_3^{h_1} - 0,69f_4^{h_1} + 2,34f_5^{h_1} \\ &\quad + 5,93f_6^{h_1} - 51,31f_7^{h_1} + 123,89f_8^{h_1} + 207,94f_9^{h_1} + 5,15f_{10}^{h_1})))^{-1}, \\ f_4^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-0,61 - 6,28f_1^{h_1} + 2,33f_2^{h_1} - 0,76f_3^{h_1} + 0,25f_4^{h_1} + 0,28f_5^{h_1} \\ &\quad - 0,03f_6^{h_1} - 1,29f_7^{h_1} - 2,01f_8^{h_1} - 8,11f_9^{h_1} - 1,20f_{10}^{h_1})))^{-1}, \\ f_5^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-0,09 - 0,47f_1^{h_1} + 0,21f_2^{h_1} + 12,53f_3^{h_1} + 5,92f_4^{h_1} \\ &\quad + 13,44f_5^{h_1} - 3,76f_6^{h_1} - 30,01f_7^{h_1} + 0,25f_8^{h_1} - 68,61f_9^{h_1} - 4,88f_{10}^{h_1})))^{-1}, \\ f_6^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-2,79 + 5,88f_1^{h_1} - 2,05f_2^{h_1} - 5,04f_3^{h_1} + 21,68f_4^{h_1} + 2,33f_5^{h_1} \\ &\quad + 1,40f_6^{h_1} - 17,49f_7^{h_1} - 7,38f_8^{h_1} - 9,41f_9^{h_1} - 93f_{10}^{h_1})))^{-1}, \\ f_1^{h_1}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-0,31 + 0,36Z_{7,t-1} - 1,44Z_{7,t-2} + 3,91Z_{7,t-4} - 1,04Z_{7,t-6} \\ &\quad - 2,79Z_{7,t-11} - 1,90Z_{7,t-13} - 0,84Z_{7,t-16} + 0,14Z_{7,t-24})))^{-1}, \\ f_2^{h_1}(\cdot) &= (1 + \exp(-(0,31 + 1,03Z_{7,t-1} - 1,40Z_{7,t-2} + 5,44Z_{7,t-4} - 7,89Z_{7,t-6} \\ &\quad - 6,27Z_{7,t-11} - 2,78Z_{7,t-13} + 11,83Z_{7,t-16} + 3,30Z_{7,t-24})))^{-1}, \\ f_3^{h_1}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-2,23 + 0,06Z_{7,t-1} - 4,27Z_{7,t-2} + 7,31Z_{7,t-4} - 6,27Z_{7,t-6} \\ &\quad + 3,36Z_{7,t-11} - 9,44Z_{7,t-13} + 12,88Z_{7,t-16} + 12,18Z_{7,t-24})))^{-1}, \\ f_4^{h_1}(\cdot) &= (1 + \exp(-(0,57 + 1,52Z_{7,t-1} - 2,48Z_{7,t-2} - 7,07Z_{7,t-4} - 7,48Z_{7,t-6} \\ &\quad - 1,65Z_{7,t-11} + 2,77Z_{7,t-13} + 5,80Z_{7,t-16} + 9,57Z_{7,t-24})))^{-1}, \\ f_5^{h_1}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-8,72 + 11,21Z_{7,t-1} + 1,60Z_{7,t-2} + 2,71Z_{7,t-4} + 7,24Z_{7,t-6} \\ &\quad + 5,36Z_{7,t-11} + 6,58Z_{7,t-13} + 2,16Z_{7,t-16} - 9,37Z_{7,t-24})))^{-1}, \\ f_6^{h_1}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-1,22 + 4,39Z_{7,t-1} - 0,30Z_{7,t-2} - 0,56Z_{7,t-4} - 3,90Z_{7,t-6} \\ &\quad - 5,23Z_{7,t-11} + 2,50Z_{7,t-13} + 1,29Z_{7,t-16} + 1,95Z_{7,t-24})))^{-1}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f_7^h(.) &= (1 + \exp(-(2,54 - 0,55Z_{7,t-1} - 3,75Z_{7,t-2} - 3,76Z_{7,t-4} - 3,79Z_{7,t-6} \\
&\quad + 0,19Z_{7,t-11} - 1,64Z_{7,t-13} + 7,18Z_{7,t-16} - 0,95Z_{7,t-24})))^{-1}, \\
f_8^h(.) &= (1 + \exp(-(-0,91 - 8,38Z_{7,t-1} + 1,56Z_{7,t-2} + 3,92Z_{7,t-4} + 0,95Z_{7,t-6} \\
&\quad + 0,63Z_{7,t-11} - 0,38Z_{7,t-13} - 0,92Z_{7,t-16} - 1,54Z_{7,t-24})))^{-1}, \\
f_9^h(.) &= (1 + \exp(-(-0,98 + 3,61Z_{7,t-1} - 4,66Z_{7,t-2} - 1,15Z_{7,t-4} - 1,58Z_{7,t-6} \\
&\quad + 0,02Z_{7,t-11} - 0,23Z_{7,t-13} - 1,03Z_{7,t-16} - 1,84Z_{7,t-24})))^{-1}, \\
f_{10}^h(.) &= (1 + \exp(-(-0,54 - 2,77Z_{7,t-1} + 34,64Z_{7,t-2} - 12,08Z_{7,t-4} + 6,73Z_{7,t-6} \\
&\quad - 9,44Z_{7,t-11} - 13,23Z_{7,t-13} - 5,99Z_{7,t-16} + 15,99Z_{7,t-24})))^{-1}.
\end{aligned}$$

*Time series plot* perbandingan nilai ramalan dan data asli dengan *hybrid* ARIMAX-DLNN (8,10,6,1) dapat dilihat pada Gambar 4.36.



**Gambar 4.36** *Plot Time Series* Perbandingan Data *Training* dan *Fits* (a) serta Data *Testing* dan Ramalan (b) Model ([1,2,4,6,11,13,16,24],0,[9]) Pada Jumlah Barang Dalam Negeri Yang Dibongkar

#### 4.2.8 Pemodelan Jumlah Barang Dalam Negeri Yang Dimuat di Pelabuhan Tanjung Perak

Pemodelan dilakukan pada jumlah barang dalam negeri yang dimuat di Pelabuhan Tanjung Perak dengan membandingkan 5 metode. Proses pembentukan model ARIMAX sama seperti pada 4.2.1 poin pertama. Namun pemodelan ini menggunakan estimasi parameter *Conditional Least Square* (CLS). Model ARIMAX yang didapatkan telah memenuhi asumsi *white noise* dan berdistribusi normal. Pemodelan ARIMAX untuk jumlah barang dalam negeri yang dimuat di Pelabuhan Tanjung Perak secara lengkap dijelaskan pada Lampiran 11. Model

ARIMAX dengan komponen tren, musiman, variasi kalender, serta komponen *noise* yang mengikuti model ARIMA ([8,10],0,0) secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Z_{8,t} = & 621286,1 - 1396,5t + 165276,1D_2 + 31218,9D_{1t} + 73354,1M_8 \\ & + 67897,7M_9 + 117801,6L_{1(t-1)} + 93677,6L_{1(t)} - 170829,7L_{2(t)} \\ & - 260661,8L_{3(t)} - 100227,7L_{4(t)} + \frac{1}{(1-0,21B^8-0,28B^{10})} \varepsilon_{8,t}. \end{aligned} \quad (4.24)$$

Model kedua yaitu FFNN, dimana proses pembentukan model FFNN sama seperti pada 4.2.1 poin kedua. Pemodelan FFNN untuk jumlah barang dalam negeri yang dimuat di Pelabuhan Tanjung Perak secara lengkap dijelaskan pada Lampiran 11e. Model FFNN terbaik berdasarkan nilai RMSEP yaitu FFNN (12,10,1). Selanjutnya model ketiga, proses pembentukan model *hybrid* ARIMAX-FFNN sama seperti pada 4.2.1 poin ketiga, yaitu dengan dua skenario *input layer*. Pemodelan *hybrid* ARIMAX-FFNN secara lengkap dijelaskan pada Lampiran 11f. Model *hybrid* ARIMAX-FFNN terbaik untuk masing-masing skenario *input layer* yaitu ARIMAX-FFNN (12,7,1) dan ARIMAX-FFNN (2,4,1).

Model keempat, dengan proses pembentukan model DLNN sama seperti pada 4.2.1 poin keempat. Pemodelan DLNN untuk jumlah barang dalam negeri yang dimuat di Pelabuhan Tanjung Perak secara lengkap dijelaskan pada Lampiran 11g. Model DLNN terbaik yaitu DLNN (12,5,9,1). Selanjutnya model terakhir, dengan proses pembentukan model *hybrid* ARIMAX-DLNN sama seperti pada 4.2.1 poin kelima, yaitu dengan dua skenario *input layer*. Pemodelan *hybrid* ARIMAX-DLNN untuk jumlah barang dalam negeri yang dimuat di Pelabuhan Tanjung Perak secara lengkap dijelaskan pada Lampiran 11h. Model *hybrid* ARIMAX-DLNN terbaik untuk masing-masing skenario *input layer* yaitu ARIMAX-DLNN (12,8,4,1) dan ARIMAX-DLNN (2,3,4,1).

Nilai kesalahan berupa nilai RMSE, MAPE, RMSEP, dan MAPEP dari kelima model yang telah didapatkan untuk meramalkan jumlah barang dalam negeri yang dimuat di

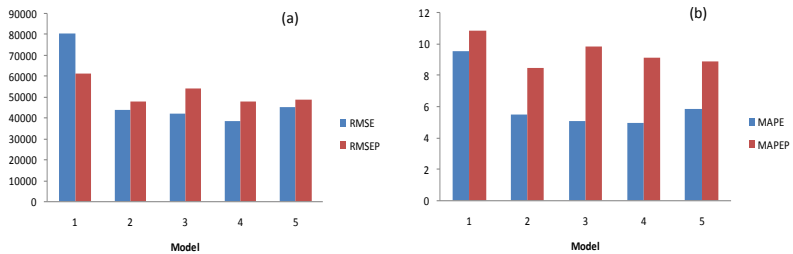
Pelabuhan Tanjung Perak dapat dilihat pada Tabel 4.13. Model *hybrid* terbaik dengan nilai RMSEP terkecil yaitu ARIMAX-FFNN (12,7,1) dan ARIMAX-DLNN (12,8,4,1).

**Tabel 4.13** Nilai RMSE dan MAPE Pada 5 Model Jumlah Barang Dalam Negeri Yang Dimuat

| Model                 | RMSE     | MAPE | RMSEP           | MAPEP       |
|-----------------------|----------|------|-----------------|-------------|
| ARIMAX                | 80400,39 | 9,53 | 61242,11        | 10,89       |
| FFNN (12,10,1)        | 43918,12 | 5,49 | 48124,11        | 8,49        |
| ARIMAX-FFNN(12,7,1)   | 41962,44 | 5,09 | 54175,33        | 9,86        |
| DLNN (12,5,9,1)       | 38412,03 | 4,98 | <b>47833,56</b> | <b>9,12</b> |
| ARIMAX-DLNN(12,8,4,1) | 45321,41 | 5,86 | 48938,55        | 8,92        |

Ket: Angka yang dicetak tebal merupakan RMSEP dan MAPEP terkecil

Secara visual perbedaan nilai RMSE dan MAPE pada data *training* dan *testing* dapat dilihat pada Gambar 4.37. Pemodelan nonlinier serta dengan *hybrid* mampu menurunkan nilai kesalahan RMSE dan MAPE pada data *training*. Namun metode DLNN memiliki nilai kesalahan terkecil untuk data *testing*. Sehingga model terbaik untuk meramalkan jumlah barang dalam negeri yang dimuat di Pelabuhan Tanjung Perak adalah DLNN (12,5,9,1).



**Gambar 4.37** Grafik Nilai RMSE dan RMSEP (a) serta MAPE dan MAPEP (b) Pada Jumlah Barang Dalam Negeri Yang Dimuat

Arsitektur model DLNN (12,5,9,1) dapat dilihat pada Gambar 4.38. Model DLNN (12,5,9,1) secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\hat{Z}_{8,t} = & 0,88 + 1,14f_1^{h_2} - 1,80f_2^{h_2} + 0,67f_3^{h_2} - 1,18f_4^{h_2} - 0,40f_5^{h_2} \\ & + 0,36f_6^{h_2} - 0,65f_7^{h_2} - 0,60f_8^{h_2} - 0,55f_9^{h_2},\end{aligned}\quad (4.25)$$

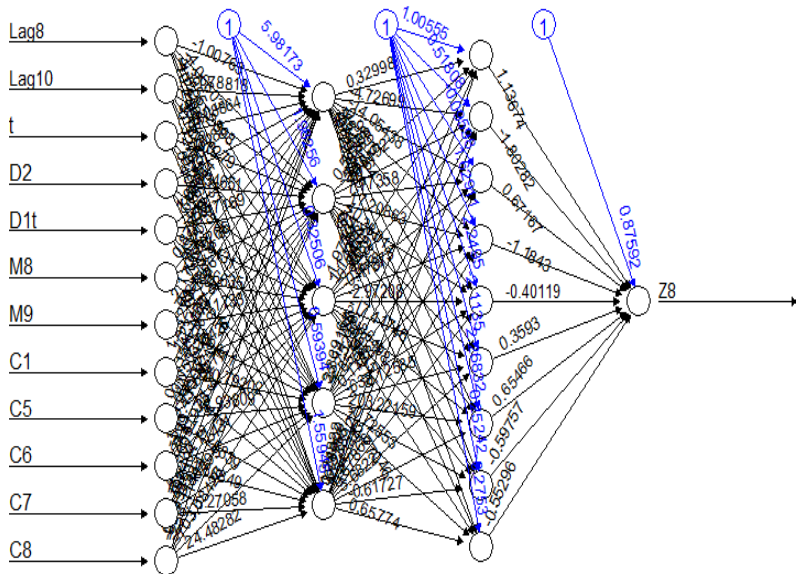
dengan:

$$\begin{aligned}f_1^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(1,01 + 0,33f_1^{h_1} + 0,51f_2^{h_1} - 1,97f_3^{h_1} + 3,37f_4^{h_1} \\ &\quad + 1,25f_5^{h_1})))^{-1}, \\ f_2^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(0,52 - 4,73f_1^{h_1} - 5,59f_2^{h_1} + 1,14f_3^{h_1} + 23,14f_4^{h_1} \\ &\quad + 0,79f_5^{h_1})))^{-1}, \\ f_3^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-0,10 - 14,05f_1^{h_1} + 7,77f_2^{h_1} - 0,96f_3^{h_1} - 2,75f_4^{h_1} \\ &\quad - 0,88f_5^{h_1})))^{-1}, \\ f_4^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(1,63 - 0,99f_1^{h_1} + 17,21f_2^{h_1} - 0,17f_3^{h_1} + 1,85f_4^{h_1} \\ &\quad - 2,24f_5^{h_1})))^{-1}, \\ f_5^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(2,25 - 16,86f_1^{h_1} + 40,38f_2^{h_1} - 2,97f_3^{h_1} + 0,12f_4^{h_1} \\ &\quad + 1,54f_5^{h_1})))^{-1}, \\ f_6^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-2,11 + 2,15f_1^{h_1} + 75,43f_2^{h_1} - 17,42f_3^{h_1} - 168,13f_4^{h_1} \\ &\quad + 0,88f_5^{h_1})))^{-1}, \\ f_7^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(2,27 - 28,08f_1^{h_1} + 6,58f_2^{h_1} + 26,86f_3^{h_1} + 203,22f_4^{h_1} \\ &\quad + 3,68f_5^{h_1})))^{-1}, \\ f_8^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-0,25 + 0,12f_1^{h_1} + 0,31f_2^{h_1} - 0,09f_3^{h_1} - 0,73f_4^{h_1} \\ &\quad - 0,62f_5^{h_1})))^{-1}, \\ f_9^{h_2}(\cdot) &= (1 + \exp(-(-0,28 - 0,72f_1^{h_1} - 3,26f_2^{h_1} - 18,95f_3^{h_1} + 112,77f_4^{h_1} \\ &\quad + 0,66f_5^{h_1})))^{-1}, \\ f_1^{h_1}(\cdot) &= (1 + \exp(-(5,98 - 1,01Z_{8,t-8} - 1,79Z_{8,t-10} - 0,09t + 1,12D_2 \\ &\quad + 1,86D_1t + 0,88M_8 - 2,17M_9 + 1,23L_{1(t-1)} + 0,11L_{1(t)} - 1,69L_{2(t)} \\ &\quad - 40,62L_{3(t)} - 0,14L_{4(t)})))^{-1}, \\ f_2^{h_1}(\cdot) &= (1 + \exp(-(1,98 - 4,07Z_{8,t-8} - 3,53Z_{8,t-10} - 0,03t + 5,35D_2 \\ &\quad - 0,17D_1t + 1,10M_8 + 0,21M_9 + 1,23L_{1(t-1)} - 0,05L_{1(t)} - 501,43L_{2(t)} \\ &\quad - 4,51L_{3(t)} - 98,63L_{4(t)})))^{-1}, \\ f_3^{h_1}(\cdot) &= (1 + \exp(-(0,33 + 3,40Z_{8,t-8} + 3,13Z_{8,t-10} - 0,28t + 6,49D_2 \\ &\quad + 3,46D_1t + 2,67M_8 - 1,12M_9 + 0,26L_{1(t-1)} + 11,58L_{1(t)} + 0,82L_{2(t)} \\ &\quad + 6,14L_{3(t)} - 256,11L_{4(t)})))^{-1},\end{aligned}$$



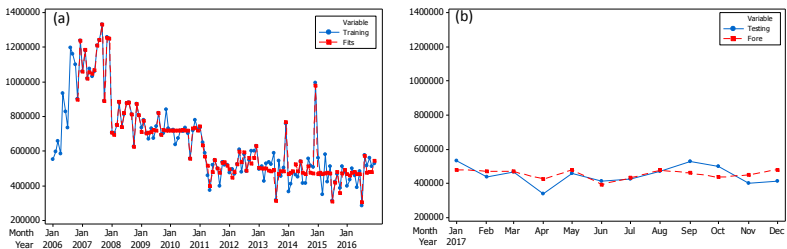
$$f_4^h(.) = (1 + \exp(-(0,59 - 4,04Z_{8,t-8} + 3,18Z_{8,t-10} - 0,29t + 5,38D_2 + 0,08D_1t + 2,63M_8 + 0,10M_9 - 130,79L_{1(t-1)} - 38,94L_{1(t)} + 0,11L_{2(t)} + 0,81L_{3(t)} - 703,08L_{4(t)})))^{-1},$$

$$f_5^h(.) = (1 + \exp(-(1,56 - 10,26Z_{8,t-8} - 0,33Z_{8,t-10} + 0,40t - 3,73D_2 - 0,21D_1t + 40,98M_8 + 1,16M_9 + 0,73L_{1(t-1)} + 13,26L_{1(t)} + 1,87L_{2(t)} - 5,27L_{3(t)} + 24,48L_{4(t)})))^{-1}.$$



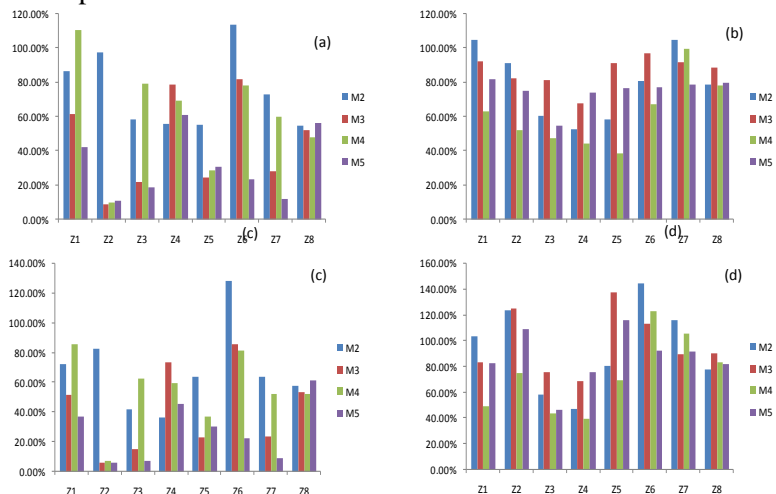
**Gambar 4.38** Arsitektur DLNN (12,5,9,1) Pada Jumlah Barang Dalam Negeri Yang Dimuat

*Time series plot* perbandingan nilai ramalan dan data asli dengan DLNN (12,5,9,1) dapat dilihat pada Gambar 4.39.



**Gambar 4.39** Plot Time Series Perbandingan Data Training dan Fits (a) serta Data Testing dan Ramalan (b) Model DLNN (12,5,9,1) Pada Jumlah Barang Dalam Negeri Yang Dimuat

Perbandingan pemodelan ARIMAX, FFNN, DLNN serta *hybrid* dijelaskan melalui rasio kriteria RMSE, RMSEP, MAPE dan MAPEP model nonlinier terhadap model ARIMAX dapat dilihat pada Gambar 4.40



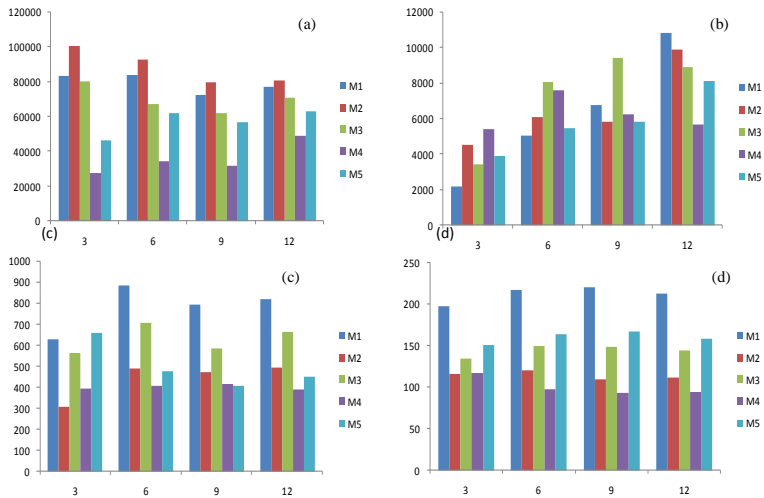
**Gambar 4.40.** Rasio RMSE (a), RMSEP (b), MAPE (c), dan MAPEP (d) Terhadap ARIMAX

Rasio RMSE dan MAPE menunjukkan performa model FFNN, DLNN dan *hybrid* lebih baik dibandingkan ARIMAX dalam memodelkan jumlah penumpang dan barang. Hal tersebut

dapat dilihat dari nilai rasio yang secara umum kurang dari 100%, yang berarti nilai RMSE dan MAPE model nonlinier lebih kecil dibandingkan model ARIMAX. Namun hal tersebut tidak selalu terjadi, seperti penelitian Makridakis dkk. (2000) dalam Kompetisi M3 yang menyebutkan bahwa model kompleks tidak selalu memberikan akurasi ramalan yang lebih baik. Secara umum model *hybrid* ARIMAX-DLNN menghasilkan nilai kesalahan peramalan terkecil untuk data *training*. Hal ini sesuai dengan penelitian Makridakis dkk. (2018) dalam Kompetisi M4 yang menyatakan bahwa model *hybrid* dan kombinasi merupakan model dengan akurasi tertinggi dibandingkan dengan *Machine Learning* (ML) dan model klasik.

Rasio RMSEP dan MAPEP menunjukkan akurasi dari 4 model kompleks yang tidak selalu lebih baik dibandingkan model ARIMAX dalam menghasilkan ramalan jumlah penumpang dan barang. Namun model DLNN mampu menghasilkan akurasi terbaik pada 7 variabel, dan model *hybrid* ARIMAX-DLNN pada 1 variabel. Hal tersebut sesuai dengan penelitian He (2017) yang menyatakan bahwa *deep learning* mampu mereduksi kesalahan ramalan dari model klasik. Pemodelan DLNN bagus dalam meramalkan dengan catatan inputnya mengikuti komponen model klasik, dalam penelitian ini model ARIMAX, sehingga model statistik membantu dalam menentukan input DLNN.

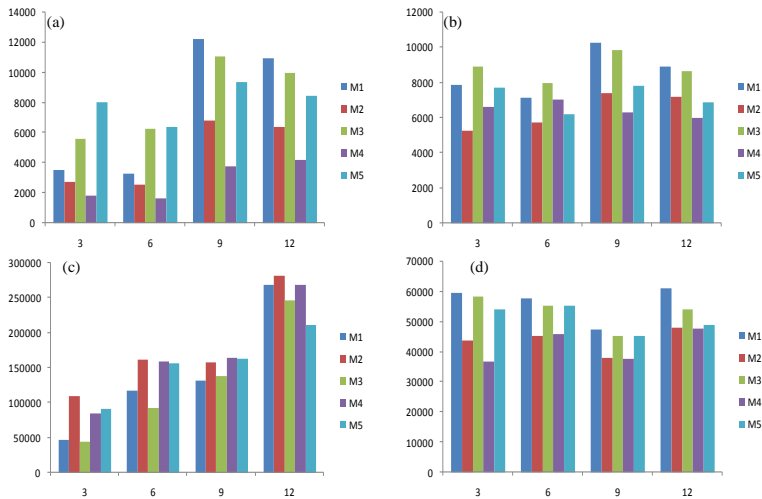
Nilai perbandingan RMSEP dari kelima model dengan panjang periode ramalan sebanyak 3, 6, 9 dan 12 bulan dapat dilihat pada Gambar 4.41 dan Gambar 4.42. Panjangnya periode ramalan yang digunakan dapat menghasilkan nilai akurasi yang berbeda. Perbandingan akurasi dengan periode ramalan yang berbeda digunakan untuk melihat kemampuan model dalam menghasilkan ramalan dengan periode yang beragam.



**Gambar 4.41.** Perbandingan Nilai RMSEP dari 5 Model Pada  $Z_1$ (a),  $Z_2$ (b),  $Z_3$  (c), dan  $Z_4$  (d) di Bandar Udara Internasional Juanda

Gambar 4.41 menunjukkan model DLNN, sebagai model terbaik pada jumlah penumpang dan barang di Bandar Udara Internasional Juanda, hanya konsisten memiliki akurasi yang baik pada  $Z_1$  dan  $Z_4$ . Hasil yang tidak konsisten terjadi pada  $Z_2$  dan  $Z_3$ , dimana model terbaik pada tiap panjang periode ramalan berbeda. Pada variabel  $Z_2$  memiliki kecenderungan jika periode ramalan semakin panjang maka nilai kesalahan semakin besar. Jika periode ramalan diperpanjang, maka akan menghasilkan nilai kesalahan yang besar atau akurasi ramalan yang kecil.

Gambar 4.42 menunjukkan pada variabel  $Z_1$  dan  $Z_3$  memiliki kecenderungan jika periode ramalan semakin panjang maka nilai kesalahan semakin besar. Jika periode ramalan diperpanjang, maka akan menghasilkan nilai kesalahan yang besar atau akurasi ramalan yang kecil. Model DLNN dan *hybrid* ARIMAX-DLNN, sebagai model terbaik pada jumlah penumpang dan barang di Pelabuhan Tanjung Perak, hanya konsisten memiliki akurasi yang baik pada  $Z_6$  sedangkan variabel lain tidak konsisten.

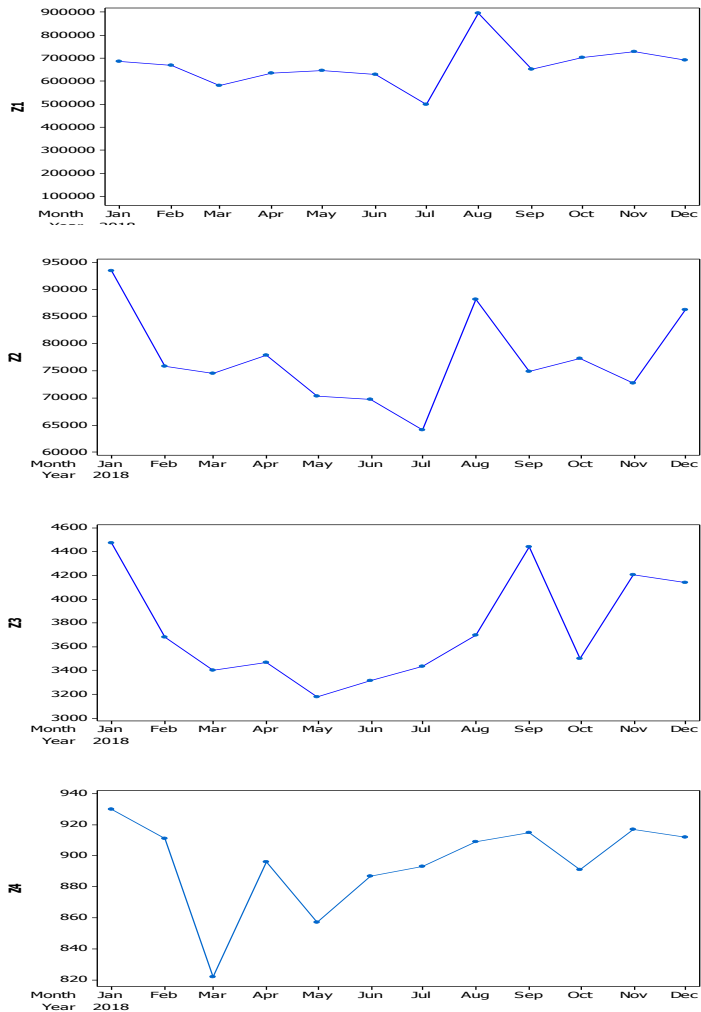


**Gambar 4.42.** Perbandingan Nilai RMSEP dari 5 Model Pada  $Z_6$ (a),  $Z_7$ (b),  $Z_8$ (c), dan  $Z_9$ (d) di Pelabuhan Tanjung Perak

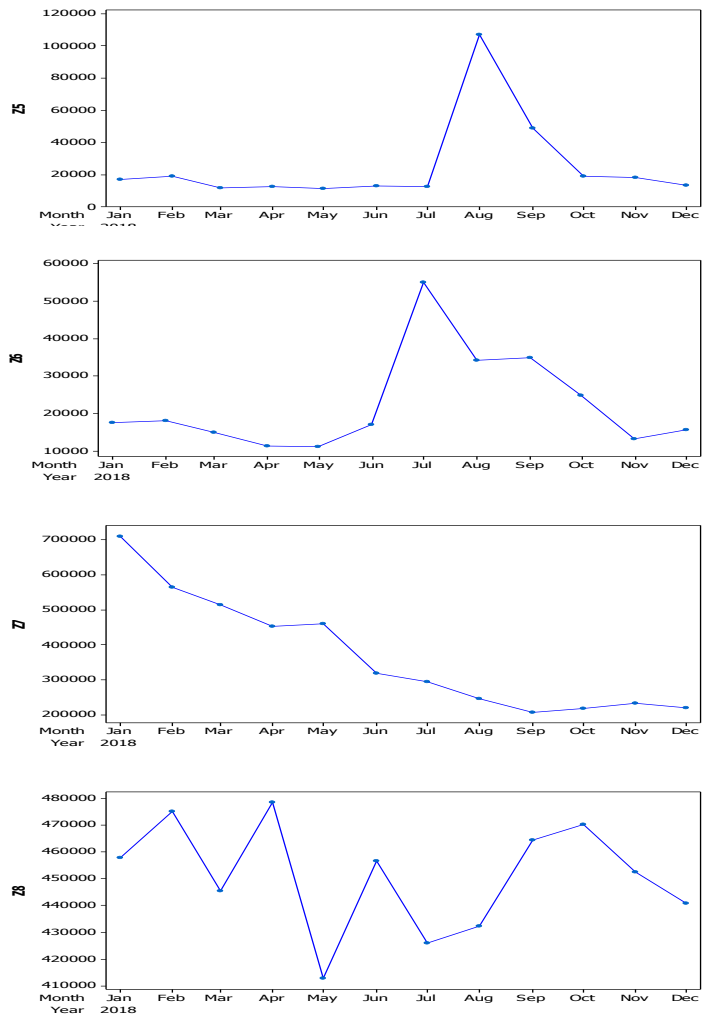
Performansi tiap metode tergantung dari panjang periode ramalan. Hal tersebut dapat dilihat dari Gambar 4.41 dan Gambar 4.42 yang menunjukkan metode terbaik untuk meramalkan dapat berbeda tergantung dari panjang periode ramalan. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian ke-4 dari Makridakis dkk. (2018) dalam Kompetisi M3.

### 4.3 Hasil Peramalan Jumlah Penumpang dan Barang

Hasil peramalan mulai Januari hingga Desember 2018 untuk jumlah penumpang dan barang di Bandar Udara Internasional Juanda dan Pelabuhan Tanjung Perak dapat dilihat pada Gambar 4.43 dan Gambar 4.44. Hasil ramalan menunjukkan jumlah penumpang dan barang di Juanda berfluktuasi tiap bulannya dan cenderung naik saat bulan Agustus 2018, sedangkan jumlah penumpang Pelabuhan Tanjung Perak melonjak di bulan Lebaran.



**Gambar 4.43.** *Time Series Plot* Hasil Peramalan Jumlah Penumpang dan Barang di Bandar Udara Internasional Juanda Tahun 2018



**Gambar 4.44.** *Time Series Plot* Hasil Peramalan Jumlah Penumpang dan Barang di Pelabuhan Tanjung Perak Tahun 2018

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Analisis dan pembahasan pada bab sebelumnya dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sebagian besar keberangkatan penumpang dan jumlah barang yang dimuat pada Bandar Udara Internasional Juanda terjadi pada penerbangan domestik. Pada tahun 2001 hingga 2017, jumlah penumpang pada keberangkatan domestik tertinggi terjadi pada Juli 2017, sedangkan pada keberangkatan internasional terjadi pada Desember 2017. Sedangkan pada Pelabuhan Tanjung Perak, secara umum pergerakan keberangkatan dan kedatangan penumpang dalam negeri cenderung sama. Hal yang sama terjadi pada jumlah barang. Pada tahun 2006 hingga 2017, jumlah keberangkatan dan kedatangan penumpang terjadi lonjakan pada sekitar bulan terjadinya hari raya Idul Fitri, yaitu satu bulan sebelum, satu bulan sesudah dan pada bulan tersebut.
2. Secara keseluruhan, model *hybrid* ARIMAX-DLNN memiliki performa yang baik dalam memodelkan dan menghasilkan akurasi yang besar pada data *training*. Namun performansi model tersebut tidak selalu baik ketika dibandingkan dengan data *testing*. Secara umum, model DLNN memiliki kemampuan yang baik dalam meramalkan data *testing*. Model terbaik untuk 8 variabel yang ada, terdapat 7 variabel dengan model terbaik yaitu model DLNN, sedangkan sisanya model *hybrid* ARIMAX-DLNN.
3. Hasil ramalan menunjukkan jumlah penumpang dan barang di Juanda berfluktuasi tiap bulannya dan cenderung naik saat bulan Agustus 2018, jumlah penumpang Pelabuhan Tanjung Perak melonjak di bulan Lebaran.

## 5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya, dapat mencoba pemodelan *Elman Neural Network* yaitu *Recurrent Neural Network* (RNN) dimana orde MA dalam pemilihan *input layer* tidak diabaikan (Lewis, 2016). Pemodelan DLNN dan *hybrid* dapat mengurangi kesalahan dalam meramalkan, namun membutuhkan waktu yang cukup lama untuk *running* data. Sehingga waktu yang lama tersebut dapat menjadi pertimbangan dalam memilih metode tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2009). *Panduan Rekomendasi Kegiatan Survei Statistik*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Badan Pusat Statistik. (7 Februari 2018). *Jumlah Penumpang yang Berangkat pada Penerbangan Domestik di Bandara Utama Indonesia, 2006-2017 (Orang)*. Diambil pada 28 Februari 2018, dari Badan Pusat Statistik: <https://www.bps.go.id/>
- Baskoro, D. S. (2017, Oktober-Desember). Angkasapura Magazine. *Menyambut "Floating Airport" Pertama di Indonesia* , hal. 8-9.
- Bowerman, L. B., & O'Connell, T. R. (1993). *Forecasting and Time Series: An Applied Approach, Third Edition*. Belmont: Duxbury Press.
- Cryer, J. D., & Chan, K.-S. (2008). *Time Series Analysis With Applications in R, Second Edition*. New York: Springer.
- Daniel, W. W. (1989). *Statistika Nonparametrik Terapan*. Jakarta: PT. Gramedia.
- Faizal, A. (2018, January 27). *Pelancong Asia Mulai Lirik Indonesia*. Dipetik February 23, 2018, dari Kompas.com: <http://www.ekonomi.kompas.com>
- Fannani, N. (2017). *Peramalan Jumlah Keberangkatan Penumpang Pelayaran Dalam Negeri dari Pelabuhan Tanjung Perak Menggunakan ARIMA Box-Jenkins*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Gujarati, D. N. (2004). *Basic Econometrics 4th Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Hee, W. (2017). Load Forecasting via Deep Learning Networks. *Procedia Computer Science* , 308-314.
- Hirata, T., Kuremoto, T., Obayashi, M., Mabu, S., & Kobayashi, K. (2015). Time Series Prediction Using DBN and ARIMA. *2015 International Conference on Computer Application Technologies* (hal. 24-29). Matsue: Conference Publishing Services.

- Huda, A. M., Kuswanto, H., & Suhartono. (2014). Forecasting The Frequency of Domestic Air Passenger at Juanda Airport Using ARIMA and Transfer Function as a Basis For Future Development of Airport Scenario. *Jurnal Tata Kota dan Daerah* , 21-26.
- Iqbalullah, J. (2014). *Peramalan Jumlah Penumpang Pesawat Terbang di Pintu Kedatangan Bandar Udara Internasional Lombok dengan Metode ARIMA Box-Jenkins, ARIMAX, dan Regresi Time Series*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Irwansyah, H., Gamal, M., & Bustami. (2015). *Metode Peramalan Holt-Winters dengan Memperhatikan Efek Lebaran*. Riau: Universitas Riau.
- Kurnia, D. (2018, February 22). *Pelindo III Tandatangani Tiga Kontrak Proyek Infrastruktur*. Dipetik February 23, 2018, dari Republika.co.id: <http://www.republika.co.id>
- Lee, M. H., Suhartono, & Hamzah, N. A. (2010). Calendar Variation Model Based on ARIMAX Forecasting Sales Data with Ramadhan Effect. *Regional Conference on Statistical Science*, (hal. 349-361).
- Lewis, N. D. (2016). *Deep Learning Made Easy With R: A Gentle Introduction for Data Science*. AusCov.
- Lv, Y., Duan, Y., Kang, W., Li, Z., & Wang, F.-Y. (2015). Traffic Flow Prediction With Big Data: A Deep Learning Approach. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* , 865-873.
- Makridakis, S. & Hibon, M. (2000). The M-3 Competition: result, conclution, and implications. *International Journal of Forecasting*, 451-476.
- Makridakis, S., Spiliotis, E., & Assimakopoulos, V. (2018). The M-4 Competition: Result, findings, conclusion and way forward. *International Journal of Forecasting*.
- Prasetyo, S. E. (2017, March 16). *Kapasitas Over, Desain Ulang Terminal 1 Bandara Juanda*. Dipetik February 20, 2018, dari JawaPos.com: <https://www.jawapos.com>

- Saputri, P. D., Suhartono, & Prastya, D. (2017). *Aplikasi Model Hybrid Quantile Regression Neural Network Pada Peramalan Pecahan Inflow-Outflow Uang Kartal di Indonesia*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sarle, W. (1994). Neural Networks and Statistical Models. *Proceedings of the Nineteenth Annual SAS Users Group International Conference* (hal. 1538-1550). USA: SAS Institute.
- Senja, A. M. (2018, January 15). *2017, Angkasa Pura I Layani 89,7 Juta Penumpang*. Dipetik February 19, 2018, dari Kompas.com: <http://www.travel.kompas.com>
- Suhartono. (2007). *Feedforward Neural Network untuk Pemodelan Runtun Waktu*. Yogyakarta: Disertasi Doktoral, Universitas Gajah Mada.
- Sumadi, B. K. (2017, Februari 22). *Menhub : Transportasi Sudah Menjadi Kebutuhan Dasar Masyarakat*. Dipetik Februari 18, 2018, dari Kementerian Perhubungan Republik Indonesia: <http://www.dephub.go.id>
- Terasvirta, T., Lin, C.-F., & Granger, C.W. (1993). Power of the neural network linearity test. *Journal of Time Series Analysis*, 14(2), 209-220.
- Tri, A. (2018, January 29). *Tantangan Menurunkan Dwelling Time di Pelabuhan Tanjung Perak*. Dipetik February 23, 2018, dari Bisniskini: <https://www.bisniskini.com>
- Wei, W. W. (2006). *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods, Second Edition*. United States: Pearson Education, Inc.
- Yustinian, A. (2014, Februari 24). *BEROPERASINYA TERMINAL 2 BANDARA INTERNASIONAL JUANDA SURABAYA*. Dipetik Februari 28, 2018, dari Bandar Udara Internasional Juanda: <https://www.juanda-airport.com>
- Zhang, G. P. (2003). Time Series Forecasting Using a Hybrid ARIMA and Neural Network Model. *Neurocomputing*, 159-175.

Zhu, L., Zhu, G., Han, L., & Wang, N. (2017). The Application of Deep Learning in Airport Visibility Forecast. *Atmospheric and Climate Sciences* , 314-322.

## LAMPIRAN

**Lampiran 1.** Data Jumlah Penumpang dan Barang di Bandar Udara Internasional Juanda

| Tahun | Bulan     | $Z_1$  | $Z_2$  | $Z_3$ | $Z_4$ |
|-------|-----------|--------|--------|-------|-------|
| 2001  | Januari   | 102638 | 34599  | 851   | 672   |
|       | Februari  | 74986  | 63909  | 822   | 542   |
|       | Maret     | 103649 | 21239  | 869   | 691   |
|       | April     | 86634  | 19281  | 856   | 684   |
|       | Mei       | 91620  | 19648  | 962   | 760   |
|       | Juni      | 110367 | 21146  | 977   | 657   |
|       | Juli      | 119926 | 20265  | 922   | 666   |
|       | Agustus   | 122325 | 20670  | 950   | 686   |
|       | September | 94546  | 20859  | 1037  | 606   |
|       | Oktober   | 119248 | 18388  | 1125  | 609   |
|       | November  | 106894 | 16414  | 1149  | 659   |
|       | Desember  | 128187 | 25708  | 914   | 629   |
| ...   | ...       | ...    | ...    | ...   | ...   |
| ...   | ...       | ...    | ...    | ...   | ...   |
| ...   | ...       | ...    | ...    | ...   | ...   |
| 2017  | Januari   | 672153 | 76162  | 3681  | 709   |
|       | Februari  | 546280 | 72852  | 3397  | 836   |
|       | Maret     | 613925 | 77381  | 3467  | 933   |
|       | April     | 615053 | 70694  | 3184  | 990   |
|       | Mei       | 618375 | 69750  | 3302  | 764   |
|       | Juni      | 539747 | 64102  | 3439  | 908   |
|       | Juli      | 889548 | 88245  | 3698  | 923   |
|       | Agustus   | 676016 | 75571  | 4438  | 1024  |
|       | September | 696308 | 76091  | 3492  | 926   |
|       | Oktober   | 655005 | 73603  | 4203  | 925   |
|       | November  | 666423 | 86459  | 4140  | 736   |
|       | Desember  | 735560 | 107000 | 5044  | 895   |

**Lampiran 2.** Data Jumlah Penumpang dan Barang di Pelabuhan Tanjung Perak

| Tahun | Bulan     | Z <sub>5</sub> | Z <sub>6</sub> | Z <sub>7</sub> | Z <sub>8</sub> |
|-------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 2006  | Januari   | 45873          | 30651          | 961522         | 553117         |
|       | Februari  | 32223          | 21635          | 805570         | 595508         |
|       | Maret     | 30675          | 24752          | 759429         | 657972         |
|       | April     | 28657          | 24482          | 633536         | 585496         |
|       | Mei       | 30387          | 23914          | 832729         | 935875         |
|       | Juni      | 30798          | 28659          | 875302         | 826977         |
|       | Juli      | 41111          | 39662          | 667937         | 735096         |
|       | Agustus   | 30734          | 28991          | 1177654        | 1197423        |
|       | September | 24892          | 38732          | 1101502        | 1159709        |
|       | Oktober   | 47548          | 89098          | 1118347        | 1098638        |
|       | November  | 105339         | 35644          | 717150         | 901678         |
|       | Desember  | 43781          | 38723          | 1007679        | 1239383        |
| ...   | ...       | ...            | ...            | ...            | ...            |
| ...   | ...       | ...            | ...            | ...            | ...            |
| ...   | ...       | ...            | ...            | ...            | ...            |
| 2017  | Januari   | 22477          | 21797          | 485128         | 532884         |
|       | Februari  | 13035          | 11438          | 340822         | 436436         |
|       | Maret     | 14186          | 12827          | 400853         | 467881         |
|       | April     | 9697           | 11907          | 408934         | 338400         |
|       | Mei       | 12492          | 16460          | 793861         | 457625         |
|       | Juni      | 12753          | 55242          | 631067         | 414100         |
|       | Juli      | 107208         | 35977          | 543467         | 427339         |
|       | Agustus   | 50980          | 44151          | 656131         | 471321         |
|       | September | 17584          | 15119          | 842093         | 527168         |
|       | Oktober   | 16800          | 14631          | 680564         | 498413         |
|       | November  | 11681          | 11517          | 906075         | 401478         |
|       | Desember  | 15564          | 20478          | 928935         | 415277         |



### Lampiran 3. Pemodelan Jumlah Penumpang Keberangkatan Domestik di Bandar Udara Internasional Juanda

#### a. Regresi *Time Series*

##### Regression Analysis: Z1 versus D1, D2, ...

The regression equation is

$$\begin{aligned} Z1 = & 89873 + 191573 D1 - 294975 D2 + 241484 D3 - 4243 D1t + 1009 D2t - 2872 D3t \\ & + 4614 t - 9082 M-1 - 59839 M-2 - 37475 M-3 - 46312 M-4 - 23356 M-5 \\ & - 15910 M-6 + 19023 M-7 + 10091 M-8 - 14454 M-9 + 5642 M-10 - 10923 M-11 \\ & - 82386 L1(t-1) - 63875 L2(t-1) - 31149 L3(t-1) - 3524 L4(t-1) \\ & + 39859 L1(t) + 18694 L2(t) - 47427 L3(t) - 107927 L4(t) + 17261 L1(t+1) \\ & + 34833 L2(t+1) + 55367 L3(t+1) + 28774 L4(t+1) \end{aligned}$$

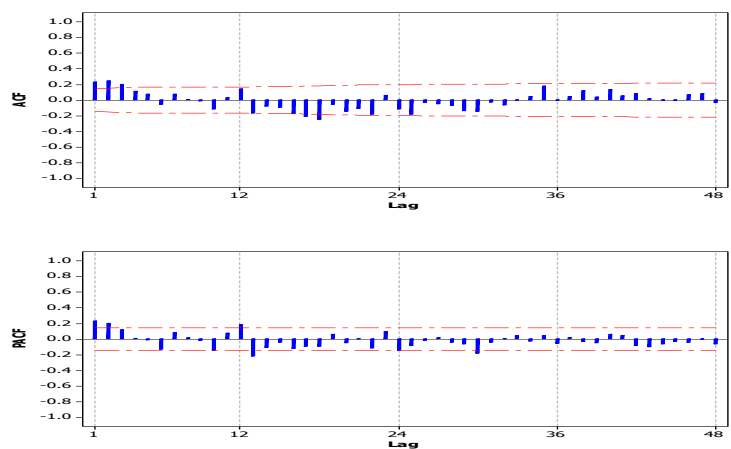
| Predictor | Coef    | SE Coef | T     | P     |
|-----------|---------|---------|-------|-------|
| Constant  | 89873   | 14004   | 6.42  | 0.000 |
| D1        | 191573  | 28736   | 6.67  | 0.000 |
| D2        | -294975 | 45515   | -6.48 | 0.000 |
| D3        | 241484  | 64775   | 3.73  | 0.000 |
| D1t       | -4243.5 | 517.0   | -8.21 | 0.000 |
| D2t       | 1008.8  | 522.3   | 1.93  | 0.055 |
| D3t       | -2871.6 | 539.4   | -5.32 | 0.000 |
| t         | 4614.5  | 374.8   | 12.31 | 0.000 |
| M-1       | -9082   | 12613   | -0.72 | 0.473 |
| M-2       | -59839  | 12703   | -4.71 | 0.000 |
| M-3       | -37475  | 12678   | -2.96 | 0.004 |
| M-4       | -46312  | 12656   | -3.66 | 0.000 |
| M-5       | -23356  | 12636   | -1.85 | 0.066 |
| M-6       | -15910  | 12721   | -1.25 | 0.213 |
| M-7       | 19023   | 12655   | 1.50  | 0.135 |
| M-8       | 10091   | 12699   | 0.79  | 0.428 |
| M-9       | -14454  | 12707   | -1.14 | 0.257 |
| M-10      | 5642    | 12799   | 0.44  | 0.660 |
| M-11      | -10923  | 12553   | -0.87 | 0.386 |
| L1(t-1)   | -82386  | 18275   | -4.51 | 0.000 |
| L2(t-1)   | -63875  | 18459   | -3.46 | 0.001 |
| L3(t-1)   | -31149  | 18235   | -1.71 | 0.090 |
| L4(t-1)   | -3524   | 18167   | -0.19 | 0.846 |
| L1(t)     | 39859   | 18279   | 2.18  | 0.031 |
| L2(t)     | 18694   | 18492   | 1.01  | 0.314 |
| L3(t)     | -47427  | 18270   | -2.60 | 0.010 |
| L4(t)     | -107927 | 18233   | -5.92 | 0.000 |
| L1(t+1)   | 17261   | 18270   | 0.94  | 0.346 |
| L2(t+1)   | 34833   | 18426   | 1.89  | 0.060 |
| L3(t+1)   | 55367   | 21181   | 2.61  | 0.010 |
| L4(t+1)   | 28774   | 16260   | 1.77  | 0.079 |

S = 34705.7    R-Sq = 96.7%    R-Sq(adj) = 96.1%

##### Analysis of Variance

| Source         | DF  | SS          | MS          | F      | P     |
|----------------|-----|-------------|-------------|--------|-------|
| Regression     | 30  | 5.73064E+12 | 1.91021E+11 | 158.59 | 0.000 |
| Residual Error | 161 | 1.93922E+11 | 1204484560  |        |       |
| Total          | 191 | 5.92456E+12 |             |        |       |

b. *Plot ACF dan PACF Residual Regresi Time Series*



[illegible]

d. *Output*      Program      SAS      untuk      Model      ARIMAX  
 ([2,10,12,16,17,23,24,25],0,0)

| The ARIMA Procedure                |               |                |            |                            |            |          |        |        |        |
|------------------------------------|---------------|----------------|------------|----------------------------|------------|----------|--------|--------|--------|
| Maximum Likelihood Estimation      |               |                |            |                            |            |          |        |        |        |
| Parameter                          | Estimate      | Standard Error | t Value    | Pr >  t                    | Approx Lag | Variable | Shift  |        |        |
| MU                                 | 90045.5       | 13981.5        | 6.44       | <.0001                     | 0          | y        | 0      |        |        |
| AR1,1                              | 0.07086       | 0.06649        | 1.07       | 0.2866                     | 1          | y        | 0      |        |        |
| AR1,2                              | 0.28531       | 0.06262        | 4.56       | <.0001                     | 2          | y        | 0      |        |        |
| AR1,3                              | -0.24377      | 0.07010        | -3.48      | 0.0005                     | 10         | y        | 0      |        |        |
| AR1,4                              | 0.36623       | 0.07541        | 4.86       | <.0001                     | 12         | y        | 0      |        |        |
| AR1,5                              | -0.21351      | 0.06974        | -3.06      | 0.0022                     | 16         | y        | 0      |        |        |
| AR1,6                              | -0.18569      | 0.07164        | -2.59      | 0.0095                     | 17         | y        | 0      |        |        |
| AR1,7                              | 0.16777       | 0.07848        | 2.14       | 0.0325                     | 23         | y        | 0      |        |        |
| AR1,8                              | -0.22857      | 0.08017        | -2.85      | 0.0044                     | 24         | y        | 0      |        |        |
| AR1,9                              | -0.33983      | 0.08004        | -4.25      | <.0001                     | 25         | y        | 0      |        |        |
| NUM1                               | 191177.7      | 27190.3        | 7.03       | <.0001                     | 0          | D1       | 0      |        |        |
| NUM2                               | -285989.6     | 44244.4        | -6.46      | <.0001                     | 0          | D2       | 0      |        |        |
| NUM3                               | 168450.3      | 77409.9        | 2.18       | 0.0295                     | 0          | D3       | 0      |        |        |
| NUM4                               | -4183.5       | 503.92140      | -8.30      | <.0001                     | 0          | D1t      | 0      |        |        |
| NUM5                               | 998.93947     | 549.62697      | 1.82       | 0.0691                     | 0          | D2t      | 0      |        |        |
| NUM6                               | -2378.8       | 625.97934      | -3.80      | 0.0001                     | 0          | D3t      | 0      |        |        |
| NUM7                               | 4546.9        | 420.98530      | 10.80      | <.0001                     | 0          | t        | 0      |        |        |
| NUM8                               | -8072.9       | 9934.2         | -0.81      | 0.4164                     | 0          | M1       | 0      |        |        |
| NUM9                               | -58600.5      | 9687.7         | -6.05      | <.0001                     | 0          | M2       | 0      |        |        |
| NUM10                              | -33901.1      | 10798.2        | -3.14      | 0.0017                     | 0          | M3       | 0      |        |        |
| NUM11                              | -40902.9      | 10960.7        | -3.73      | 0.0002                     | 0          | M4       | 0      |        |        |
| NUM12                              | -22377.4      | 11468.6        | -1.95      | 0.0510                     | 0          | M5       | 0      |        |        |
| NUM13                              | -11551.5      | 11094.1        | -1.04      | 0.2978                     | 0          | M6       | 0      |        |        |
| NUM14                              | 21631.7       | 11498.7        | 1.88       | 0.0599                     | 0          | M7       | 0      |        |        |
| NUM15                              | 3555.3        | 10893.8        | 0.33       | 0.7442                     | 0          | M8       | 0      |        |        |
| NUM16                              | -13467.3      | 10662.4        | -1.26      | 0.2066                     | 0          | M9       | 0      |        |        |
| NUM17                              | 9436.7        | 9381.0         | 1.01       | 0.3144                     | 0          | M10      | 0      |        |        |
| NUM18                              | -15681.7      | 9807.4         | -1.60      | 0.1098                     | 0          | M11      | 0      |        |        |
| NUM19                              | -83548.5      | 14913.8        | -5.60      | <.0001                     | 0          | C1       | 0      |        |        |
| NUM20                              | -60681.6      | 14615.5        | -4.15      | <.0001                     | 0          | C2       | 0      |        |        |
| NUM21                              | -6127.0       | 14695.2        | -0.42      | 0.6767                     | 0          | C3       | 0      |        |        |
| NUM22                              | 965.38284     | 13299.1        | 0.07       | 0.9421                     | 0          | C4       | 0      |        |        |
| NUM23                              | 21124.9       | 14281.3        | 1.48       | 0.1391                     | 0          | C5       | 0      |        |        |
| NUM24                              | 9186.6        | 14004.2        | 0.66       | 0.5118                     | 0          | C6       | 0      |        |        |
| NUM25                              | -29744.8      | 14357.2        | -2.07      | 0.0383                     | 0          | C7       | 0      |        |        |
| NUM26                              | -82798.5      | 14124.7        | -5.86      | <.0001                     | 0          | C8       | 0      |        |        |
| NUM27                              | 5781.8        | 13633.5        | 0.42       | 0.6715                     | 0          | C9       | 0      |        |        |
| NUM28                              | 29628.9       | 14863.2        | 1.99       | 0.0462                     | 0          | C10      | 0      |        |        |
| NUM29                              | 23673.5       | 17074.3        | 1.39       | 0.1656                     | 0          | C11      | 0      |        |        |
| NUM30                              | 49661.9       | 13184.4        | 3.77       | 0.0002                     | 0          | C12      | 0      |        |        |
| Constant Estimate                  |               |                |            | 118968.1                   |            |          |        |        |        |
| Variance Estimate                  |               |                |            | 7.1427E8                   |            |          |        |        |        |
| Std Error Estimate                 |               |                |            | 26725.86                   |            |          |        |        |        |
| AIC                                |               |                |            | 4506.694                   |            |          |        |        |        |
| SBC                                |               |                |            | 4636.994                   |            |          |        |        |        |
| Number of Residuals                |               |                |            | 192                        |            |          |        |        |        |
| Autocorrelation Check of Residuals |               |                |            |                            |            |          |        |        |        |
| To Lag                             | Chi-Square    | DF             | Pr > ChiSq | -----Autocorrelations----- |            |          |        |        |        |
| 5                                  | .             | 0              | .          | 0.008                      | 0.034      | 0.049    | -0.012 | 0.010  | -0.114 |
| 12                                 | 4.93          | 3              | 0.1768     | -0.031                     | -0.028     | -0.036   | -0.011 | 0.046  | 0.049  |
| 18                                 | 11.21         | 9              | 0.2618     | -0.083                     | -0.103     | -0.055   | -0.014 | -0.054 | -0.079 |
| 24                                 | 15.66         | 15             | 0.4048     | 0.127                      | -0.024     | 0.013    | -0.034 | 0.015  | -0.049 |
| 30                                 | 21.30         | 21             | 0.4408     | -0.079                     | -0.007     | 0.013    | -0.008 | -0.040 | -0.096 |
| 36                                 | 26.79         | 27             | 0.4754     | 0.013                      | -0.125     | -0.050   | -0.046 | -0.004 | -0.056 |
| Tests for Normality                |               |                |            |                            |            |          |        |        |        |
| Test                               | --Statistic-- |                |            | -----p Value-----          |            |          |        |        |        |
| Kolmogorov-Smirnov                 | D             | 0.055499       | Pr > D     | >0.1500                    |            |          |        |        |        |

e. *Output* Program SAS untuk Model ARIMAX  
 ([2,10,12,16,17,23,24,25],0,0) setelah dilakukan eliminasi.

| The ARIMA Procedure                |            |           |                       |                            |        |          |        |        |        |
|------------------------------------|------------|-----------|-----------------------|----------------------------|--------|----------|--------|--------|--------|
| Maximum Likelihood Estimation      |            |           |                       |                            |        |          |        |        |        |
| Parameter                          | Estimate   | Error     | t Value               | Pr >  t                    | Lag    | Variable | Shift  |        |        |
| MU                                 | 70980.7    | 8484.6    | 8.36                  | <.0001                     | 0      | y        | 0      |        |        |
| AR1,1                              | 0.34368    | 0.05407   | 6.36                  | <.0001                     | 2      | y        | 0      |        |        |
| AR1,2                              | -0.19213   | 0.06432   | -2.99                 | 0.0028                     | 10     | y        | 0      |        |        |
| AR1,3                              | 0.48128    | 0.07265   | 6.62                  | <.0001                     | 12     | y        | 0      |        |        |
| AR1,4                              | -0.19291   | 0.06269   | -3.08                 | 0.0021                     | 16     | y        | 0      |        |        |
| AR1,5                              | -0.23757   | 0.06565   | -3.62                 | 0.0003                     | 17     | y        | 0      |        |        |
| AR1,6                              | 0.16936    | 0.07032   | 2.41                  | 0.0160                     | 23     | y        | 0      |        |        |
| AR1,7                              | -0.19031   | 0.07603   | -2.50                 | 0.0123                     | 24     | y        | 0      |        |        |
| AR1,8                              | -0.35557   | 0.07356   | -4.83                 | <.0001                     | 25     | y        | 0      |        |        |
| NUM1                               | 194389.8   | 27846.2   | 6.98                  | <.0001                     | 0      | D1       | 0      |        |        |
| NUM2                               | -213082.8  | 25751.6   | -8.27                 | <.0001                     | 0      | D2       | 0      |        |        |
| NUM3                               | 177814.0   | 81011.9   | 2.19                  | 0.0282                     | 0      | D3       | 0      |        |        |
| NUM4                               | -4578.7    | 441.72340 | -10.37                | <.0001                     | 0      | D1t      | 0      |        |        |
| NUM5                               | -2828.2    | 570.37839 | -4.96                 | <.0001                     | 0      | D3t      | 0      |        |        |
| NUM6                               | 5032.0     | 269.10986 | 18.70                 | <.0001                     | 0      | t        | 0      |        |        |
| NUM7                               | -55367.5   | 8632.3    | -6.41                 | <.0001                     | 0      | M2       | 0      |        |        |
| NUM8                               | -17406.1   | 7616.5    | -2.29                 | 0.0223                     | 0      | M3       | 0      |        |        |
| NUM9                               | -32717.2   | 8417.7    | -3.89                 | 0.0001                     | 0      | M4       | 0      |        |        |
| NUM10                              | 38427.1    | 7733.2    | 4.97                  | <.0001                     | 0      | M7       | 0      |        |        |
| NUM11                              | -74467.4   | 13774.2   | -5.41                 | <.0001                     | 0      | C1       | 0      |        |        |
| NUM12                              | -49801.6   | 11740.0   | -4.24                 | <.0001                     | 0      | C2       | 0      |        |        |
| NUM13                              | -33661.2   | 12046.5   | -2.79                 | 0.0052                     | 0      | C7       | 0      |        |        |
| NUM14                              | -77920.0   | 12872.0   | -6.05                 | <.0001                     | 0      | C8       | 0      |        |        |
| NUM15                              | 18745.7    | 11157.6   | 1.68                  | 0.0929                     | 0      | C10      | 0      |        |        |
| NUM16                              | 30347.1    | 9854.3    | 3.08                  | 0.0021                     | 0      | C12      | 0      |        |        |
| Constant Estimate                  |            |           |                       | 83248.85                   |        |          |        |        |        |
| Variance Estimate                  |            |           |                       | 7.0754E8                   |        |          |        |        |        |
| Std Error Estimate                 |            |           |                       | 26599.66                   |        |          |        |        |        |
| AIC                                |            |           |                       | 4494.217                   |        |          |        |        |        |
| SBC                                |            |           |                       | 4575.654                   |        |          |        |        |        |
| Number of Residuals                |            |           |                       | 192                        |        |          |        |        |        |
| Autocorrelation Check of Residuals |            |           |                       |                            |        |          |        |        |        |
| To Lag                             | Chi-Square | DF        | Pr > ChiSq            | -----Autocorrelations----- |        |          |        |        |        |
| 6                                  | .          | 0         | 0.080                 | 0.037                      | 0.035  | 0.008    | -0.032 | -0.052 |        |
| 12                                 | 4.47       | 4         | 0.3461                | -0.043                     | 0.032  | -0.032   | -0.004 | 0.059  | 0.046  |
| 18                                 | 13.06      | 10        | 0.2203                | -0.100                     | -0.134 | -0.005   | -0.046 | -0.042 | -0.042 |
| 24                                 | 16.94      | 16        | 0.3896                | 0.109                      | -0.007 | -0.004   | -0.023 | 0.023  | -0.069 |
| 30                                 | 25.36      | 22        | 0.2804                | -0.123                     | -0.105 | 0.024    | -0.005 | -0.047 | -0.092 |
| 36                                 | 31.74      | 28        | 0.2854                | 0.017                      | -0.129 | -0.072   | -0.029 | -0.011 | -0.064 |
| Forecasts for variable y           |            |           |                       |                            |        |          |        |        |        |
| Obs                                | Forecast   | Std Error | 95% Confidence Limits |                            |        |          |        |        |        |
| 193                                | 680521.9   | 26599.66  | 628387.5              | 732656.2                   |        |          |        |        |        |
| 194                                | 670840.2   | 26599.66  | 618705.8              | 722974.5                   |        |          |        |        |        |
| 195                                | 710684.3   | 28126.77  | 655556.8              | 765811.7                   |        |          |        |        |        |
| 196                                | 716001.3   | 28126.77  | 660875.9              | 771128.8                   |        |          |        |        |        |
| 197                                | 698633.5   | 28301.71  | 643163.2              | 754103.9                   |        |          |        |        |        |
| 198                                | 617193.5   | 28301.71  | 561723.2              | 672663.8                   |        |          |        |        |        |
| 199                                | 890736.7   | 28322.31  | 835226.0              | 946247.4                   |        |          |        |        |        |
| 200                                | 737157.1   | 28322.31  | 681646.4              | 792667.8                   |        |          |        |        |        |
| 201                                | 716411.8   | 28324.74  | 660896.3              | 771927.3                   |        |          |        |        |        |
| 202                                | 768581.3   | 28324.74  | 713065.8              | 824096.7                   |        |          |        |        |        |
| 203                                | 735463.1   | 28759.72  | 679095.1              | 791831.2                   |        |          |        |        |        |
| 204                                | 685981.4   | 28759.72  | 629613.4              | 742349.4                   |        |          |        |        |        |
| Tests for Normality                |            |           |                       |                            |        |          |        |        |        |
| --Statistic--                      |            |           |                       | -----p Value-----          |        |          |        |        |        |
| Test Kolmogorov-Smirnov            | D          | 0.054464  | Pr > D                | >0.1500                    |        |          |        |        |        |

## Lampiran 4. *Syntax* Program R Pemodelan Nonlinier

### a. Uji White

```
install.packages("tseries")
library(tseries)

#Uji White Pada Z1#
x<-read.csv("E:/INPUT/Z1.csv",header = TRUE)
zt<-as.ts(x)
Z1<-zt[,1]
lagz1<-c(2,10,12,16,17,23,24,25)
maxlag<-max(lagz1)
laginputZ1<-matrix(NA,(length(Z1)-maxlag),length(lagz1))
for (j in 1:length(lagz1)){
  laginputZ1[,j]<-Z1[(maxlag-lagz1[j]+1):(length(Z1)-lagz1[j])]
}
head(laginputZ1)

bandaraZ1<-data.frame(cbind(Z1[(maxlag+1):length(Z1)],laginputZ1,
  zt[(maxlag+1):length(Z1),-1]))
head(bandaraZ1)

ujiZ1=list()
statuji.Z1<-c()
p.Z1<-c()
for (i in 1:10)
{
  ujiZ1[[i]]<-white.test(bandaraZ1[, -1],bandaraZ1[, 1],type="F")
  statuji.Z1[i]<-ujiZ1[[i]]$statistic
  p.Z1[i]<-ujiZ1[[i]]$p.value
}
hasilZ1<-cbind(statuji.Z1,p.Z1)
```

## b. Pemodelan FFNN

```
install.packages("neuralnet")
install.packages("tseries")
install.packages("forecast")
library(neuralnet)
library(tseries)
library(forecast)

x<-read.csv("d:/BELLA/Z1.csv",header = TRUE)
zt<-as.ts(x)
ztrain<-as.ts(zt[1:192,])
ztest<-as.ts(zt[193:204,])
z1t.std<-(ztrain[,1]-min(ztrain[,1]))/(max(ztrain[,1])-min(ztrain[,1]))

lagz1<-c(2,10,12,16,17,23,24,25)
maxlag<-max(lagz1)
laginput<-matrix(NA,(length(z1t.std)-maxlag),length(lagz1))
  for (j in 1:length(lagz1))
    {
      laginput[,j]<-z1t.std[(maxlag-lagz1[j]+1):(length(z1t.std)-lagz1[j])]
    }
head(laginput)
bandaraz1<-
data.frame(cbind(z1t.std[(maxlag+1):length(z1t.std)],laginput,zt[(maxlag+1):length(z1t.std),-1]))
head(bandaraz1)

neuron=c(1,2,3,4,5,6,7,8,9,10)
n_fore=12
dummy1<-rbind((zt[(maxlag+1):length(z1t.std),-1]),ztest[, -1])
koef=list()
bestmodel=list()
fitsmodel=list()
foremodel=list()
akurasi=list()

for (k in seq_along(neuron))
{
  set.seed(k)
  best.model<-neuralnet(bandaraz1[,1]~bandaraz1[,2]+bandaraz1[,3]+bandaraz1[,4]+
    bandaraz1[,5]+bandaraz1[,6]+bandaraz1[,7]+bandaraz1[,8]+bandaraz1[,9]
    +D1+D2+D3+D1t+D3t+t+M2+M3+M4+M7+C1+C2+C7+C8+C10+C12,
    data=bandaraz1,hidden=neuron[k],stepmax = 1e+08,rep=10,
    act.fct="logistic",linear.output = TRUE,likelihood=TRUE)
  plot(best.model, rep="best")
  koef[[k]]<-best.model$weights[which.min(best.model$result.matrix[1,])]
  plotz1<-file.path("d:/BELLA/plotz1FFNN", paste("z1ffnn_",(k),".jpg",sep=""))
  png(file=plotz1)
  plot(best.model, rep="best")
  dev.off()
}
```

## b. Lanjutan Pemodelan FFNN

```

ytest<-c(bandaraz1[,1],rep(0,n_fore))
for (l in ((length(bandaraz1[,1])+1):(length(bandaraz1[,1])+n_fore)))
{
  dummytest<-t(as.matrix(dummy1[l,]))
  lagtest<-matrix(0,1,length(lagz1))
  for (m in 1:length(lagz1))
  {
    lagtest[[m]]<-ytest[(l-lagz1[m])]
  }
  inputTest<-cbind(lagtest,dummytest)
  ytest[l]<-compute(best.model,covariate=inputTest,rep
  which.min(best.model$result.matrix[1,]))$net.result
}

fits.model<-round(unlist(best.model$net.result[which.min(best.model$result.matrix[1,]))*
  (max(ztrain[,1])-min(ztrain[,1]))+min(ztrain[,1])))
NtTrain<-(bandaraz1[,1]*(max(ztrain[,1])-min(ztrain[,1]))+min(ztrain[,1]))-
  (unlist(best.model$net.result[which.min(best.model$result.matrix[1,]))*(max(ztrain[,1])-
  min(ztrain[,1]))+min(ztrain[,1])))
RMSETrain<-((sum(NtTrain^2))/length(NtTrain))^(1/2)

MAPE1<-c()
for (p1 in 1:length(NtTrain))
{
  MAPE1[p1]<-(1/length(NtTrain))*abs(NtTrain[p1]/(ztrain[(maxlag+p1),1]))
}
MAPETrain<-sum(MAPE1)*100

fore.model<-round(ytest[(length(bandaraz1[,1])+1):(length(bandaraz1[,1])+n_fore)]*
  (max(ztrain[,1])-min(ztrain[,1]))+min(ztrain[,1])))
NtTest<-ztest[,1]-ytest[(length(bandaraz1[,1])+1):(length(bandaraz1[,1])+n_fore)]*
  (max(ztrain[,1])-min(ztrain[,1]))+min(ztrain[,1]))
RMSETest<-((sum(NtTest^2))/length(NtTest))^(1/2)

MAPE2<-c()
for (p2 in 1:length(NtTest))
{
  MAPE2[p2]<-(1/length(NtTest))*abs(NtTest[p2]/ztest[p2,1])
}
MAPETest<-sum(MAPE2)*100

fitsmodel[[k]]<-fits.model
foremodel[[k]]<-fore.model
akurasi[[k]]<-rbind(RMSETrain,RMSETest,MAPETrain,MAPETest)
}

write.csv(akurasi,"d:/BELLA/akurasiz1ffnn.csv")
write.csv(fitsmodel,"d:/BELLA/fitsz1ffnn.csv")
write.csv(foremodel,"d:/BELLA/forez1ffnn.csv")
saveRDS(knef file="d:/BELLA/z1FFNN rds")

```



### c. Pemodelan *hybrid* ARIMAX-FFNN

```

install.packages("neuralnet")
install.packages("tseries")
install.packages("forecast")
library(neuralnet)
library(tseries)
library(forecast)

x<-read.csv("d:/BELLA/Z1hybrid.csv",header = TRUE)
zt<-as.ts(x)
ztrain<-as.ts(zt[1:192,])
ztest<-as.ts(zt[193:204,])
at.train<-ztrain[,1]-ztrain[,2]
a1t.norm<-((at.train-min(at.train))/(max(at.train)-min(at.train)))

lagz1<-c(2,10,12,16,17,23,24,25)
maxlag<-max(lagz1)
laginput<-matrix(NA,(length(a1t.norm)-maxlag),length(lagz1))
  for (j in 1:length(lagz1))
  {
    laginput[,j]<-a1t.norm[(maxlag-lagz1[j]+1):(length(a1t.norm)-lagz1[j])]
  }
head(laginput)
bandaraz1<-data.frame(cbind(a1t.norm[(maxlag+1):length(a1t.norm)],laginput))
head(bandaraz1)

neuron=c(1,2,3,4,5,6,7,8,9,10)
n_fore=12
koef=list()
bestmodel=list()
fitsmodel=list()
foremodel=list()
akurasi=list()

for (k in seq_along(neuron))
{
  set.seed(k)
  best.model<-neuralnet(bandaraz1[,1]~bandaraz1[,2]+bandaraz1[,3]+bandaraz1[,4]+
    bandaraz1[,5]+bandaraz1[,6]+bandaraz1[,7]+bandaraz1[,8]+bandaraz1[,9],
    data=bandaraz1,hidden=neuron[k],stepmax = 1e+08,rep=10,act.fct="logistic",
    linear.output = TRUE,likelihood=TRUE)

  plot(best.model, rep="best")
  koef[[k]]<-best.model$weights[which.min(best.model$result.matrix[1,])]
  plotz1<-file.path("d:/BELLA/plotz1hybridFFNN", paste("z1hybridffnn_",(k),".jpg",sep=""))
  png(file=plotz1)
  plot(best.model, rep="best")
  dev.off()
}

```

c. Lanjutan Pemodelan *hybrid* ARIMAX-FFNN

```

ytest<-c(bandaraz1[,1],rep(0,n_fore))
for (l in ((length(bandaraz1[,1])+1):(length(bandaraz1[,1])+n_fore)))
{
  lagtest<-matrix(0,1,length(lagz1))
  for (m in 1:length(lagz1))
  {
    lagtest[[m]]<-ytest[(l-lagz1[m])]
  }
}
ytest[]<-compute(best.model,covariate=lagtest,
  rep= which.min(best.model$result.matrix[1,]))$net.result
}
fits.model<-round(unlist(best.model$net.result[which.min(best.model$result.matrix[1,]))*
  (max(at.train)-min(at.train))+min(at.train))
fits.ARIMAX_FFNN<-round(ztrain[(maxlag+1):length(ztrain[,1]),2]+
  unlist(best.model$net.result[which.min(best.model$result.matrix[1,]))*
  (max(at.train)-min(at.train))+min(at.train))
NtTrain<-(ztrain[(maxlag+1):length(ztrain[,1]),1])-(ztrain[(maxlag+1):length(ztrain[,1]),2]+
  (unlist(best.model$net.result[which.min(best.model$result.matrix[1,]))*
  (max(at.train)-min(at.train))+min(at.train))))
RMSETrain<-((sum(NtTrain^2))/length(NtTrain))^(1/2)

MAPE1<-c()
for (p1 in 1:length(NtTrain)){
  MAPE1[p1]<-(1/length(NtTrain))*abs(NtTrain[p1]/(ztrain[(maxlag+p1),1]))
}
MAPETrain<-sum(MAPE1)*100

fore.model<-round(ytest[(length(bandaraz1[,1])+1):(length(bandaraz1[,1])+
  n_fore)]*(max(at.train)-min(at.train))+min(at.train))
fore.ARIMAX_FFNN<-round(ztest[,2]+
  ytest[(length(bandaraz1[,1])+1):(length(bandaraz1[,1])+n_fore)]*
  (max(at.train)-min(at.train))+min(at.train))
NtTest<-ztest[,1]-(ztest[,2]+ytest[(length(bandaraz1[,1])+1):(length(bandaraz1[,1])+n_fore)]*
  (max(at.train)-min(at.train))+min(at.train))
RMSETest<-((sum(NtTest^2))/length(NtTest))^(1/2)

MAPE2<-c()
for (p2 in 1:length(NtTest)){
  MAPE2[p2]<-(1/length(NtTest))*abs(NtTest[p2]/ztest[p2,1])
}
MAPETest<-sum(MAPE2)*100

fitsmodel[[k]]<-fits.ARIMAX_FFNN
foremodel[[k]]<-fore.ARIMAX_FFNN
akurasi[[k]]<-rbind(RMSETrain,RMSETest,MAPETrain,MAPETest)
}
write.csv(akurasi,"d:/BELLA/akurasis1_hybridffnn.csv")
write.csv(fitsmodel,"d:/BELLA/fitsz1_hybridffnn.csv")
write.csv(foremodel,"d:/BELLA/forez1_hybridffnn.csv")
saveRDS(koef,file="d:/BELLA/z1hybridFFNN.rds")

```

#### d. Pemodelan DLNN

```
install.packages("neuralnet")
install.packages("tseries")
install.packages("forecast")
library(neuralnet)
library(tseries)
library(forecast)

x<-read.csv("d:/BELLA/Z1.csv",header = TRUE)
zt<-as.ts(x)
ztrain<-as.ts(zt[1:192,])
ztest<-as.ts(zt[193:204,])
z1t.std<-(ztrain[,1]-min(ztrain[,1]))/(max(ztrain[,1])-min(ztrain[,1]))

lagz1<-c(2,10,12,16,17,23,24,25)
maxlag<-max(lagz1)
laginput<-matrix(NA,(length(z1t.std)-maxlag),length(lagz1))
for (j in 1:length(lagz1))
{
  laginput[,j]<-z1t.std[(maxlag-lagz1[j]+1):(length(z1t.std)-lagz1[j])]
}
head(laginput)
bandaraz1<-data.frame(cbind(z1t.std[(maxlag+1):length(z1t.std)],laginput,zt[(maxlag+1):
length(z1t.std),-1]))
head(bandaraz1)

h1<-c(1,2,3,4,5,6,7,8,9,10)
h2<-c(1,2,3,4,5,6,7,8,9,10)
neuron<-cbind(rep(h1,times=length(h2)),rep(h2,each=length(h1)))
n_fore=12
dummy1<-rbind((zt[(maxlag+1):length(z1t.std),-1]),ztest[, -1])
koef=list()
bestmodel=list()
fitsmodel=list()
foremodel=list()
akurasi=list()

for (k in seq_along(neuron))
{
  set.seed(k)
  best.model<-neuralnet(bandaraz1[,1]~bandaraz1[,2]+bandaraz1[,3]+bandaraz1[,4]+
    bandaraz1[,5]+bandaraz1[,6]+bandaraz1[,7]+bandaraz1[,8]+
    bandaraz1[,9]+D1+D2+D3+D1t+D3t+t+M2+M3+M4+M7+C1+C2+C7+C8
    +C10+C12,data=bandaraz1,hidden=neuron[k,],stepmax = 1e+08,
    rep=10,act.fct="logistic",linear.output = TRUE,likelihood=TRUE)
  plot(best.model, rep="best")
  koef[k]<-best.model$weights[which.min(best.model$result.matrix[1,])]
  plotz1<-file.path("d:/BELLA/plotz1DLNN", paste("z1dlnn_",(k), ".jpg",sep=""))
  png(file=plotz1)
  plot(best.model, rep="best")
  dev.off()
}
```

## d. Lanjutan Pemodelan DLNN

```

ytest<-c(bandaraz1[,1],rep(0,n_fore))
for (l in ((length(bandaraz1[,1])+1):(length(bandaraz1[,1])+n_fore)))
{
  dummytest<-t(as.matrix(dummy1[l,]))
  lagtest<-matrix(0,1,length(lagz1))
  for (m in 1:length(lagz1)){
    lagtest[[m]]<-ytest[(l-lagz1[m])]
  }
  inputTest<-cbind(lagtest,dummytest)
  ytest[l]<-compute(best.model,covariate=inputTest,
    rep = which.min(best.model$result.matrix[1,]))$net.result
}
fits.model<-round(unlist(best.model$net.result[which.min(best.model$result.matrix[1,]))*
  (max(ztrain[,1])-min(ztrain[,1]))+min(ztrain[,1]))
  (max(ztrain[,1])-min(ztrain[,1]))+min(ztrain[,1]))+min(ztrain[,1]))-
  (unlist(best.model$net.result[which.min(best.model$result.matrix[1,]))*
    (max(ztrain[,1])-min(ztrain[,1]))+min(ztrain[,1]))
  (max(ztrain[,1])-min(ztrain[,1]))+min(ztrain[,1]))
  (max(ztrain[,1])-min(ztrain[,1]))+min(ztrain[,1]))
RMSETtrain<-((sum(NtTrain^2))/length(NtTrain))^(1/2)

MAPE1<-c()
for (p1 in 1:length(NtTrain)){
  MAPE1[p1]<-(1/length(NtTrain))*abs(NtTrain[p1]/(ztrain[(maxlag+p1),1]))
}
MAPETrain<-sum(MAPE1)*100

fore.model<-round(ytest[(length(bandaraz1[,1])+1):(length(bandaraz1[,1])+n_fore)]*
  (max(ztrain[,1])-min(ztrain[,1]))+min(ztrain[,1]))
  (max(ztrain[,1])-min(ztrain[,1]))+min(ztrain[,1]))+min(ztrain[,1]))*
  (max(ztrain[,1])-min(ztrain[,1]))+min(ztrain[,1]))
  (max(ztrain[,1])-min(ztrain[,1]))+min(ztrain[,1]))
  (max(ztrain[,1])-min(ztrain[,1]))+min(ztrain[,1]))
RMSETTest<-((sum(NtTest^2))/length(NtTest))^(1/2)

MAPE2<-c()
for (p2 in 1:length(NtTest)){
  MAPE2[p2]<-(1/length(NtTest))*abs(NtTest[p2]/ztest[p2,1])
}
MAPETest<-sum(MAPE2)*100

fitsmodel[[k]]<-fits.model
foremodel[[k]]<-fore.model
akurasi[[k]]<-rbind(RMSETtrain,RMSETTest,MAPETrain,MAPETest)
}
write.csv(akurasi,"d:/BELLA/akurasiz1_dlnn.csv")
write.csv(fitsmodel,"d:/BELLA/fitsz1_dlnn.csv")
write.csv(foremodel,"d:/BELLA/forez1_dlnn.csv")
saveRDS(koef.file="d:/BELLA/z1DLNN.rds")

```

### e. Pemodelan *hybrid* ARIMAX-DLNN

```

install.packages("neuralnet")
install.packages("tseries")
install.packages("forecast")
library(neuralnet)
library(tseries)
library(forecast)

x<-read.csv("D:/BELLA/Z1hybrid.csv",header = TRUE)
zt<-as.ts(x)
ztrain<-as.ts(zt[1:192,])
ztest<-as.ts(zt[193:204,])
at.train<-ztrain[,1]-ztrain[,2]
a1t.norm<-(at.train-min(at.train))/(max(at.train)-min(at.train))

lagz1<-c(2,10,12,16,17,23,24,25)
maxlag<-max(lagz1)
laginput<-matrix(NA,(length(a1t.norm)-maxlag),length(lagz1))
  for (j in 1:length(lagz1)){
    laginput[,j]<-a1t.norm[(maxlag-lagz1[j]+1):(length(a1t.norm)-lagz1[j])]
  }
head(laginput)
bandaraz1<-data.frame(cbind(a1t.norm[(maxlag+1):length(a1t.norm)],laginput))
head(bandaraz1)

h1<-c(1,2,3,4,5,6,7,8,9,10)
h2<-c(1,2,3,4,5,6,7,8,9,10)
neuron<-cbind(rep(h1,times=length(h2)),rep(h2,each=length(h1)))
n_fore=12
koef=list()
bestmodel=list()
fitsmodel=list()
foremodel=list()
akurasi=list()

for (k in seq_along(neuron))
{
  set.seed(k)
  best.model<-neuralnet(bandaraz1[,1]~bandaraz1[,2]+bandaraz1[,3]+bandaraz1[,4]+
    bandaraz1[,5]+bandaraz1[,6]+bandaraz1[,7]+bandaraz1[,8]+ bandaraz1[,9],
    data=bandaraz1,hidden=neuron[k],stepmax = 1e+08,
    rep=10,act.fct="logistic",linear.output = TRUE,likelihood=TRUE)
  plot(best.model, rep="best")
  koef[[k]]<-best.model$weights[which.min(best.model$result.matrix[1,])]
  plotz1<-file.path("d:/BELLA/plotz1hybridDLNN", paste("z1hybridDLNN_",(k),".jpg",sep=""))
  png(file=plotz1)
  plot(best.model, rep="best")
  dev.off()
}

```

e. Lanjutan Pemodelan *hybrid* ARIMAX-DLNN

```

ytest<-c(bandaraz1[,1],rep(0,n_fore))
for (l in ((length(bandaraz1[,1])+1):(length(bandaraz1[,1])+n_fore))){
  lagtest<-matrix(0,1,length(lagz1))
  for (m in 1:length(lagz1)){
    lagtest[[m]]<-ytest[(l-lagz1[m])]}
  ytest[l]<-compute(best.model,covariate=lagtest,
    rep = which.min(best.model$result.matrix[1,]))$net.result
}
fits.model<-round(unlist(best.model$net.result[which.min(best.model$result.matrix[1,]))*
  (max(at.train)-min(at.train))+min(at.train))
fits.ARIMAX_DLNN<-round(ztrain[(maxlag+1):length(ztrain[,1]),2]+
  unlist(best.model$net.result[which.min(best.model$result.matrix[1,]))*
  (max(at.train)-min(at.train))+min(at.train))
NtTrain<-(ztrain[(maxlag+1):length(ztrain[,1]),1])-
  (ztrain[(maxlag+1):length(ztrain[,1]),2]+(unlist(best.model$net.result[which.min(best.
  model$result.matrix[1,]))*(max(at.train)-min(at.train))+min(at.train))))
RMSETTrain<-((sum(NtTrain^2))/length(NtTrain))^(1/2)

MAPE1<-c()
for (p1 in 1:length(NtTrain)){
  MAPE1[p1]<-((1/length(NtTrain))*abs(NtTrain[p1]/(ztrain[(maxlag+p1),1])))}
MAPETrain<-sum(MAPE1)*100

fore.model<-round(ytest[(length(bandaraz1[,1])+1):(length(bandaraz1[,1])+n_fore)]*
  (max(at.train)-min(at.train))+min(at.train))
fore.ARIMAX_DLNN<-round(ztest[,2]+
  ytest[(length(bandaraz1[,1])+1):(length(bandaraz1[,1])+n_fore)]*
  (max(at.train)-min(at.train))+min(at.train))
NtTest<-ztest[,1]-(ztest[,2]+ytest[(length(bandaraz1[,1])+1):(length(bandaraz1[,1])+n_fore)]*
  (max(at.train)-min(at.train))+min(at.train))
RMSETTest<-((sum(NtTest^2))/length(NtTest))^(1/2)

MAPE2<-c()
for (p2 in 1:length(NtTest)){
  MAPE2[p2]<-((1/length(NtTest))*abs(NtTest[p2]/ztest[p2,1]))}
MAPETest<-sum(MAPE2)*100

fitsmodel[[k]]<-fits.ARIMAX_DLNN
foremodel[[k]]<-fore.ARIMAX_DLNN
akurasi[[k]]<-rbind(RMSETTrain,RMSETTest,MAPETrain,MAPETest)
}
write.csv(akurasi,"d:/BELLA/akurasiz1_hybriddlenn.csv")
write.csv(fitsmodel,"d:/BELLA/fitsz1_hybriddlenn.csv")
write.csv(foremodel,"d:/BELLA/forez1_hybriddlenn.csv")
saveRDS(koef,file="d:/BELLA/z1hybridDLNN.rds")

```

## Lampiran 5. Pemodelan Jumlah Penumpang Keberangkatan Internasional di Bandar Udara Internasional Juanda

### a. Regresi *Time Series*

#### Regression Analysis: Z2 versus t, M-2, ...

The regression equation is

$$\begin{aligned} Z2 = & 22438 + 307 t - 8266 M-2 - 8057 M-3 - 12046 M-4 - 11470 M-5 - 6289 M-6 \\ & - 8331 M-7 - 5459 M-8 - 6753 M-9 - 5001 M-10 - 5907 M-11 + 6479 M-12 \\ & - 8064 L1(t-1) - 10523 L2(t-1) - 8280 L3(t-1) + 121 L4(t-1) + 1342 L1(t) + 7535 L2(t) \\ & - 4869 L3(t) - 6728 L4(t) - 4363 L1(t+1) + 10736 L2(t+1) + 12357 L3(t+1) + 9070 \\ & L4(t+1) \end{aligned}$$

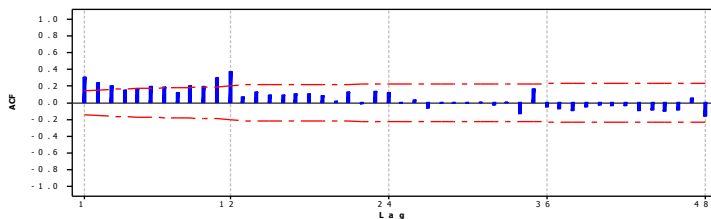
| Predictor | Coef   | SE Coef | T     | P     |
|-----------|--------|---------|-------|-------|
| Constant  | 22438  | 2544    | 8.82  | 0.000 |
| t         | 306.70 | 11.87   | 25.83 | 0.000 |
| M-2       | -8266  | 3221    | -2.57 | 0.011 |
| M-3       | -8057  | 3221    | -2.50 | 0.013 |
| M-4       | -12046 | 3221    | -3.74 | 0.000 |
| M-5       | -11470 | 3221    | -3.56 | 0.000 |
| M-6       | -6289  | 3260    | -1.93 | 0.055 |
| M-7       | -8331  | 3311    | -2.52 | 0.013 |
| M-8       | -5459  | 3307    | -1.65 | 0.101 |
| M-9       | -6753  | 3336    | -2.02 | 0.045 |
| M-10      | -5001  | 3362    | -1.49 | 0.139 |
| M-11      | -5907  | 3302    | -1.79 | 0.075 |
| M-12      | 6479   | 3243    | 2.00  | 0.047 |
| L1(t-1)   | -8064  | 4721    | -1.71 | 0.089 |
| L2(t-1)   | -10523 | 4735    | -2.22 | 0.028 |
| L3(t-1)   | -8280  | 4711    | -1.76 | 0.081 |
| L4(t-1)   | 121    | 4714    | 0.03  | 0.980 |
| L1(t)     | 1342   | 4719    | 0.28  | 0.776 |
| L2(t)     | 7535   | 4742    | 1.59  | 0.114 |
| L3(t)     | -4869  | 4719    | -1.03 | 0.304 |
| L4(t)     | -6728  | 4732    | -1.42 | 0.157 |
| L1(t+1)   | -4363  | 4706    | -0.93 | 0.355 |
| L2(t+1)   | 10736  | 4727    | 2.27  | 0.024 |
| L3(t+1)   | 12357  | 5482    | 2.25  | 0.025 |
| L4(t+1)   | 9070   | 4227    | 2.15  | 0.033 |

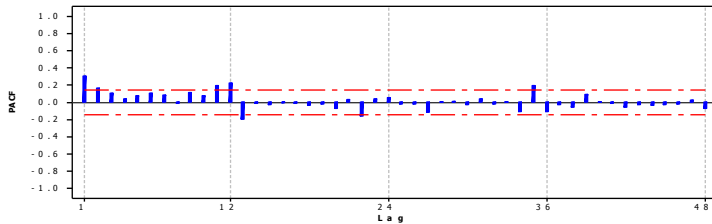
S = 9036.63 R-Sq = 82.6% R-Sq(adj) = 80.0%

Analysis of Variance

| Source         | DF  | SS          | MS         | F     | P     |
|----------------|-----|-------------|------------|-------|-------|
| Regression     | 24  | 64523521566 | 2688480065 | 32.92 | 0.000 |
| Residual Error | 167 | 13637341918 | 81660730   |       |       |
| Total          | 191 | 78160863484 |            |       |       |

### b. Plot ACF dan PACF Residual Regresi *Time Series*





c. Output Program SAS untuk Model ARIMAX ([1,2,11,12,13,22,35],0,0) dengan deteksi outlier.

| The ARIMA Procedure                           |               |                |            |                            |         |          |        |        |        |
|---|---------------|----------------|------------|----------------------------|---------|----------|--------|--------|--------|
| Conditional Least Squares Estimation          |               |                |            |                            |         |          |        |        |        |
| Parameter                                     | Estimate      | Standard Error | t Value    | Approx Pr >  t             | Lag     | Variable | Shift  |        |        |
| MU  | 33575.5       | 4916.6         | 6.83       | <.0001                     | 0       | y        | 0      |        |        |
| AR1,1   | 0.22877       | 0.07543        | 3.03       | 0.0028                     | 1       | y        | 0      |        |        |
| AR1,2   | 0.14182       | 0.06395        | 2.22       | 0.0280                     | 2       | y        | 0      |        |        |
| AR1,3   | 0.37140       | 0.08323        | 4.46       | <.0001                     | 11      | y        | 0      |        |        |
| AR1,4   | 0.39194       | 0.07856        | 4.99       | <.0001                     | 12      | y        | 0      |        |        |
| AR1,5   | -0.21256      | 0.07728        | -2.75      | 0.0066                     | 13      | y        | 0      |        |        |
| AR1,6   | -0.21658      | 0.07374        | -2.94      | 0.0038                     | 22      | y        | 0      |        |        |
| AR1,7   | 0.17842       | 0.07726        | 2.31       | 0.0222                     | 35      | y        | 0      |        |        |
| NUM1  | 268.29116     | 34.50689       | 7.78       | <.0001                     | 0       | t        | 0      |        |        |
| NUM2  | -4153.3       | 3620.7         | -1.15      | 0.2530                     | 0       | M2       | 0      |        |        |
| NUM3  | -5962.9       | 5295.4         | -1.13      | 0.2618                     | 0       | M3       | 0      |        |        |
| NUM4  | -16294.1      | 6100.5         | -2.67      | 0.0083                     | 0       | M4       | 0      |        |        |
| NUM5  | -18857.5      | 6320.1         | -2.98      | 0.0033                     | 0       | M5       | 0      |        |        |
| NUM6  | -14693.4      | 6357.3         | -2.31      | 0.0221                     | 0       | M6       | 0      |        |        |
| NUM7  | -17190.7      | 6385.8         | -2.69      | 0.0079                     | 0       | M7       | 0      |        |        |
| NUM8  | -12925.1      | 6472.3         | -2.00      | 0.0475                     | 0       | M8       | 0      |        |        |
| NUM9  | -14365.1      | 6486.3         | -2.21      | 0.0282                     | 0       | M9       | 0      |        |        |
| NUM10   | -14201.3      | 6227.3         | -2.28      | 0.0239                     | 0       | M10      | 0      |        |        |
| NUM11   | -12437.2      | 5375.4         | -2.31      | 0.0220                     | 0       | M11      | 0      |        |        |
| NUM12   | 5623.3        | 3641.1         | 1.00       | 0.3212                     | 0       | M12      | 0      |        |        |
| NUM13   | -5555.6       | 5355.7         | -1.04      | 0.3012                     | 0       | C1       | 0      |        |        |
| NUM14   | -7688.4       | 5128.5         | -1.50      | 0.1358                     | 0       | C2       | 0      |        |        |
| NUM15   | -6702.3       | 4372.5         | -1.53      | 0.1273                     | 0       | C3       | 0      |        |        |
| NUM16   | 1755.1        | 3995.2         | 0.44       | 0.6610                     | 0       | C4       | 0      |        |        |
| NUM17   | 7105.0        | 6236.5         | 1.14       | 0.2563                     | 0       | C5       | 0      |        |        |
| NUM18   | 11880.1       | 5955.2         | 1.99       | 0.0478                     | 0       | C6       | 0      |        |        |
| NUM19   | -4795.4       | 5396.2         | -0.89      | 0.3755                     | 0       | C7       | 0      |        |        |
| NUM20   | -2995.8       | 5689.3         | -0.53      | 0.5992                     | 0       | C8       | 0      |        |        |
| NUM21   | -13617.3      | 4422.7         | -3.08      | 0.0024                     | 0       | C9       | 0      |        |        |
| NUM22   | 5204.1        | 5059.3         | 1.03       | 0.3052                     | 0       | C10      | 0      |        |        |
| NUM23   | 10202.6       | 5891.9         | 1.73       | 0.0853                     | 0       | C11      | 0      |        |        |
| NUM24   | 3313.6        | 5210.7         | 0.64       | 0.5257                     | 0       | C12      | 0      |        |        |
| Constant Estimate                             |               |                |            | 3921.166                   |         |          |        |        |        |
| Variance Estimate                             |               |                |            | 53454752                   |         |          |        |        |        |
| Std Error Estimate                            |               |                |            | 7311.276                   |         |          |        |        |        |
| AIC   |               |                |            | 3990.381                   |         |          |        |        |        |
| SBC   |               |                |            | 4094.621                   |         |          |        |        |        |
| Number of Residuals                           |               |                |            | 192                        |         |          |        |        |        |
| * AIC and SBC do not include log determinant. |               |                |            |                            |         |          |        |        |        |
| Autocorrelation Check of Residuals            |               |                |            |                            |         |          |        |        |        |
| To Lag  | Chi-Square    | DF             | Pr > ChiSq | -----Autocorrelations----- |         |          |        |        |        |
| 6   | .             | 0              | 0.001      | 0.021                      | 0.078   | -0.007   | -0.023 | 0.061  |        |
| 12  | 5.73          | 5              | 0.3331     | 0.063                      | 0.046   | 0.047    | 0.091  | 0.010  | -0.046 |
| 18  | 7.07          | 11             | 0.7938     | -0.013                     | -0.014  | 0.047    | 0.035  | 0.034  | 0.036  |
| 24  | 10.93         | 17             | 0.8603     | 0.031                      | -0.029  | 0.094    | -0.025 | 0.004  | 0.080  |
| 30  | 12.68         | 23             | 0.9585     | 0.064                      | 0.016   | -0.058   | -0.003 | -0.002 | -0.010 |
| 36  | 14.38         | 29             | 0.9893     | 0.038                      | -0.032  | 0.047    | -0.043 | 0.008  | -0.026 |
| Tests for Normality                           |               |                |            |                            |         |          |        |        |        |
| Test  | --Statistic-- |                |            | -----p Value-----          |         |          |        |        |        |
| Kolmogorov-Smirnov                            | D             | 0.106593       |            | Pr > D                     | <0.0100 |          |        |        |        |



d. *Output* Program SAS untuk Deteksi *Outlier* pada Model ARIMAX ([1,2,11,12,13,22,35],0,0).

| The ARIMA Procedure |          |          |            |                    |  |
|---------------------|----------|----------|------------|--------------------|--|
| Outlier Details     |          |          |            |                    |  |
| Obs                 | Type     | Estimate | Chi-Square | Approx Prob> ChiSq |  |
| 49                  | Additive | -19085.0 | 29.08      | <.0001             |  |
| 166                 | Additive | 19038.7  | 28.34      | <.0001             |  |
| 145                 | Shift    | 7061.3   | 17.70      | <.0001             |  |
| 163                 | Shift    | -9462.5  | 20.58      | <.0001             |  |
| 2                   | Additive | 17678.9  | 18.53      | <.0001             |  |
| 37                  | Additive | 14123.1  | 16.38      | <.0001             |  |
| 24                  | Additive | -13298.2 | 15.65      | <.0001             |  |
| 177                 | Additive | 12955.6  | 14.38      | 0.0001             |  |
| 84                  | Additive | 12489.4  | 14.47      | 0.0001             |  |
| 72                  | Additive | 15730.2  | 22.38      | <.0001             |  |
| 26                  | Shift    | -5035.5  | 12.20      | 0.0005             |  |
| 119                 | Shift    | 6044.0   | 15.46      | <.0001             |  |
| 176                 | Additive | 11618.9  | 12.57      | 0.0003             |  |
| 170                 | Additive | -9169.7  | 8.35       | 0.0039             |  |
| 82                  | Additive | -8866.9  | 8.49       | 0.0036             |  |
| 141                 | Additive | -8050.1  | 7.84       | 0.0051             |  |
| 96                  | Additive | -7465.4  | 7.36       | 0.0067             |  |
| 83                  | Additive | 8279.3   | 9.05       | 0.0026             |  |
| 61                  | Additive | -8437.2  | 9.40       | 0.0022             |  |
| 95                  | Additive | 8415.8   | 9.35       | 0.0022             |  |
| 192                 | Additive | 9052.7   | 7.57       | 0.0059             |  |
| 25                  | Additive | 7081.1   | 6.85       | 0.0088             |  |
| 13                  | Additive | 7992.3   | 8.18       | 0.0042             |  |
| 131                 | Additive | -6969.2  | 7.14       | 0.0076             |  |
| 44                  | Additive | 6512.4   | 6.23       | 0.0126             |  |

e. *Output Program SAS dengan Penambahan Dummy Outlier Pada Pemodelan ARIMAX ([1,2,11,12,13,22,35],0,0).*

| The ARIMA Procedure                  |           |                |         |         |     |          |       |  |  |  |
|--------------------------------------|-----------|----------------|---------|---------|-----|----------|-------|--|--|--|
| Conditional Least Squares Estimation |           |                |         |         |     |          |       |  |  |  |
| Parameter                            | Estimate  | Standard Error | t Value | Pr >  t | Lag | Variable | Shift |  |  |  |
| mu                                   | 38524.2   | 2746.9         | 11.11   | <.0001  | 0   | y        | 0     |  |  |  |
| AR1,1                                | 0.25800   | 0.08327        | 3.06    | 0.0026  | 1   | y        | 0     |  |  |  |
| AR1,2                                | 0.12795   | 0.07052        | 1.81    | 0.0718  | 2   | y        | 0     |  |  |  |
| AR1,3                                | -0.28328  | 0.07317        | -2.85   | 0.0051  | 4   | y        | 0     |  |  |  |
| AR1,4                                | -0.16649  | 0.07616        | -2.19   | 0.0305  | 5   | y        | 0     |  |  |  |
| AR1,5                                | -0.12887  | 0.07619        | -1.68   | 0.0951  | 10  | y        | 0     |  |  |  |
| AR1,6                                | 0.28556   | 0.07632        | 3.74    | 0.0003  | 11  | y        | 0     |  |  |  |
| AR1,7                                | 0.48398   | 0.08370        | 4.83    | <.0001  | 12  | y        | 0     |  |  |  |
| AR1,8                                | -0.36244  | 0.08598        | -4.22   | <.0001  | 13  | y        | 0     |  |  |  |
| AR1,9                                | -0.25529  | 0.07893        | -3.60   | 0.0004  | 20  | y        | 0     |  |  |  |
| MA1                                  | 241.67082 | 15.70537       | 15.31   | <.0001  | 0   | t        | 0     |  |  |  |
| MA2                                  | -6863.0   | 2353.7         | -2.58   | 0.0111  | 0   | PI2      | 0     |  |  |  |
| MA3                                  | -6862.8   | 3838.4         | -1.78   | 0.0834  | 0   | PI2      | 0     |  |  |  |
| MA4                                  | -12448.4  | 3738.9         | -3.33   | 0.0011  | 0   | PI4      | 0     |  |  |  |
| MA5                                  | -13957.1  | 4394.2         | -3.18   | 0.0018  | 0   | PI5      | 0     |  |  |  |
| MA6                                  | -11143.7  | 4661.8         | -2.39   | 0.0182  | 0   | PI6      | 0     |  |  |  |
| MA7                                  | -11852.4  | 4697.1         | -2.55   | 0.0037  | 0   | PI7      | 0     |  |  |  |
| MA8                                  | -11851.4  | 4781.5         | -2.52   | 0.0129  | 0   | PI8      | 0     |  |  |  |
| MA9                                  | -12565.9  | 4488.4         | -2.80   | 0.0059  | 0   | PI9      | 0     |  |  |  |
| MA10                                 | -10943.3  | 3899.5         | -2.81   | 0.0057  | 0   | PI10     | 0     |  |  |  |
| MA11                                 | -8011.9   | 3291.8         | -2.74   | 0.0070  | 0   | PI11     | 0     |  |  |  |
| MA12                                 | 5486.1    | 2413.6         | 2.27    | 0.0246  | 0   | PI12     | 0     |  |  |  |
| MA13                                 | -10806.2  | 2239.4         | -4.87   | <.0001  | 0   | C1       | 0     |  |  |  |
| MA14                                 | -11187.0  | 2897.6         | -5.30   | <.0001  | 0   | C2       | 0     |  |  |  |
| MA15                                 | -6284.3   | 1911.8         | -3.29   | 0.0013  | 0   | C3       | 0     |  |  |  |
| MA16                                 | 5620.6    | 2329.1         | 2.41    | 0.0171  | 0   | C5       | 0     |  |  |  |
| MA17                                 | 5061.1    | 2242.5         | 2.26    | 0.0256  | 0   | C6       | 0     |  |  |  |
| MA18                                 | -6392.3   | 2287.7         | -4.21   | <.0001  | 0   | C7       | 0     |  |  |  |
| MA19                                 | -9728.9   | 2231.2         | -4.36   | <.0001  | 0   | C8       | 0     |  |  |  |
| MA20                                 | -10621.5  | 2346.7         | -3.38   | 0.0010  | 0   | C9       | 0     |  |  |  |
| MA21                                 | 5572.2    | 2352.4         | 2.39    | 0.0187  | 0   | C10      | 0     |  |  |  |
| MA22                                 | 4727.5    | 2489.3         | 1.90    | 0.0596  | 0   | C11      | 0     |  |  |  |
| MA23                                 | -18067.0  | 3992.9         | -2.60   | 0.0105  | 0   | A049     | 0     |  |  |  |
| MA24                                 | 28599.6   | 3316.8         | 8.60    | <.0001  | 0   | A0146    | 0     |  |  |  |
| MA25                                 | 33655.4   | 3374.3         | 9.68    | <.0001  | 0   | A021     | 0     |  |  |  |
| MA26                                 | 27213.2   | 3941.8         | 6.90    | <.0001  | 0   | A037     | 0     |  |  |  |
| MA27                                 | -16373.1  | 4011.7         | -4.06   | <.0001  | 0   | A024     | 0     |  |  |  |
| MA28                                 | 19610.1   | 3139.2         | 5.88    | <.0001  | 0   | A0177    | 0     |  |  |  |
| MA29                                 | 25145.4   | 3631.3         | 6.92    | <.0001  | 0   | A084     | 0     |  |  |  |
| MA30                                 | 22809.3   | 3867.4         | 5.90    | <.0001  | 0   | A072     | 0     |  |  |  |
| MA31                                 | 19142.8   | 4165.0         | 4.60    | <.0001  | 0   | A0176    | 0     |  |  |  |
| MA32                                 | -7773.9   | 3897.1         | -2.51   | 0.0132  | 0   | A0178    | 0     |  |  |  |
| MA33                                 | -4233.2   | 3775.4         | -2.38   | 0.0189  | 0   | A062     | 0     |  |  |  |
| MA34                                 | 13481.6   | 3982.5         | 3.39    | 0.0009  | 0   | A063     | 0     |  |  |  |
| MA35                                 | -6697.6   | 3651.8         | -1.83   | 0.0688  | 0   | A061     | 0     |  |  |  |
| MA36                                 | 13345.4   | 4427.1         | 3.01    | 0.0031  | 0   | A095     | 0     |  |  |  |
| MA37                                 | 7139.3    | 4218.1         | 1.69    | 0.0937  | 0   | A0192    | 0     |  |  |  |
| MA38                                 | 12333.9   | 4892.6         | 2.52    | 0.0129  | 0   | A025     | 0     |  |  |  |
| MA39                                 | 15315.4   | 3549.4         | 4.31    | <.0001  | 0   | A013     | 0     |  |  |  |
| MA40                                 | -7086.2   | 3169.0         | -2.24   | 0.0270  | 0   | A0121    | 0     |  |  |  |
| MA41                                 | 7349.6    | 3167.9         | 2.32    | 0.0218  | 0   | A044     | 0     |  |  |  |
| MA42                                 | 10256.1   | 1409.1         | 7.28    | <.0001  | 0   | L5165    | 0     |  |  |  |
| MA43                                 | -7745.1   | 1557.4         | -4.98   | <.0001  | 0   | L5166    | 0     |  |  |  |
| MA44                                 | -6418.9   | 1475.3         | -2.99   | 0.0033  | 0   | L526     | 0     |  |  |  |
| MA45                                 | 7620.0    | 1435.9         | 5.38    | <.0001  | 0   | L5119    | 0     |  |  |  |

| Autocorrelation Check of Residuals |            |    |            |                            |        |        |        |        |        |  |
|------------------------------------|------------|----|------------|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--|
| To Lag                             | Chi-Square | DF | Pr > ChiSq | -----Autocorrelations----- |        |        |        |        |        |  |
| 6                                  | 0          | 0  | 0.812      | -0.859                     | -0.033 | 0.084  | 0.065  | -0.024 |        |  |
| 12                                 | 5.18       | 3  | 0.1593     | -0.878                     | -0.086 | -0.020 | -0.027 | -0.007 | 0.026  |  |
| 18                                 | 10.28      | 9  | 0.3283     | -0.047                     | 0.051  | -0.067 | 0.073  | -0.078 | -0.058 |  |
| 24                                 | 12.99      | 15 | 0.6031     | -0.071                     | -0.072 | -0.047 | -0.006 | 0.003  | -0.002 |  |
| 30                                 | 14.83      | 21 | 0.8312     | 0.052                      | 0.023  | -0.006 | -0.047 | 0.049  | -0.014 |  |
| 36                                 | 16.92      | 27 | 0.9331     | 0.033                      | -0.043 | -0.026 | -0.068 | -0.024 | -0.031 |  |

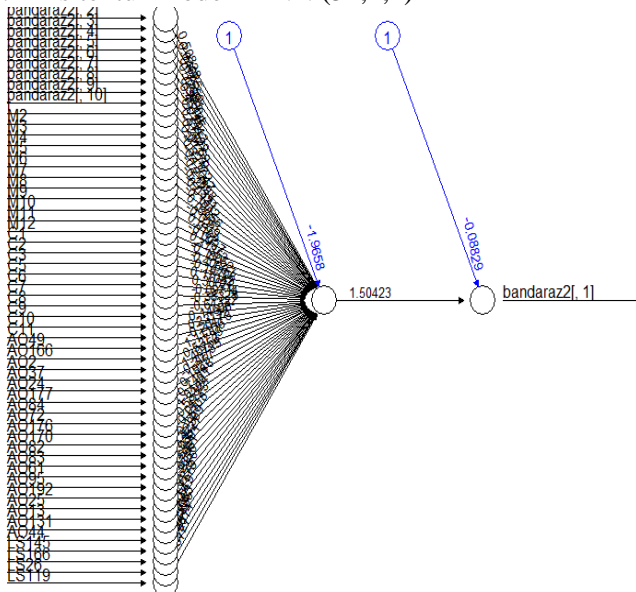
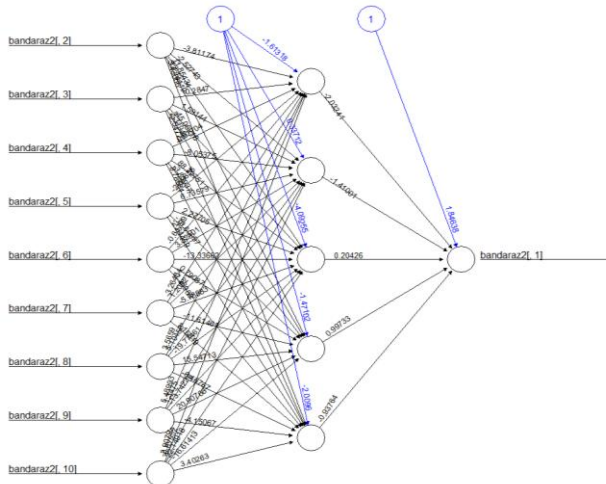
  

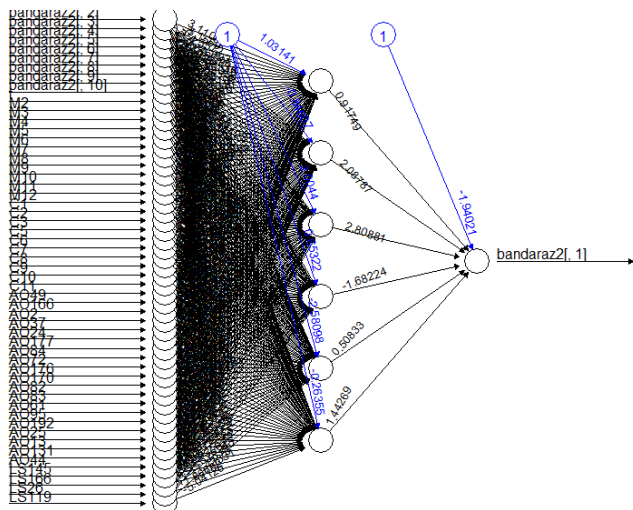
| Forecasts for variable y |            |           |                       |            |
|--------------------------|------------|-----------|-----------------------|------------|
| Obs                      | Forecast   | Std Error | 95% Confidence Limits |            |
| 193                      | 75714.2996 | 3752.8505 | 68360.4157            | 83068.1835 |
| 194                      | 75928.7463 | 3872.1155 | 68139.1393            | 83517.9532 |
| 195                      | 75253.7884 | 3939.2272 | 67533.0449            | 82974.5319 |
| 196                      | 72715.2240 | 3951.1764 | 64971.0525            | 80459.1766 |
| 197                      | 81404.4443 | 3995.2477 | 73573.9626            | 89234.9860 |
| 198                      | 63264.4264 | 4102.2397 | 55224.1844            | 71384.6684 |
| 199                      | 74484.9348 | 4148.7591 | 66353.1163            | 82616.7531 |
| 200                      | 67347.4313 | 4174.1867 | 59166.1577            | 75528.6990 |
| 201                      | 75028.0801 | 4176.1303 | 66843.5431            | 83213.4731 |
| 202                      | 75270.8359 | 4180.7457 | 67076.7249            | 83464.9469 |
| 203                      | 83831.4749 | 4184.9335 | 75632.9199            | 92034.0380 |
| 204                      | 75552.6589 | 4333.5279 | 67059.1803            | 84046.2176 |

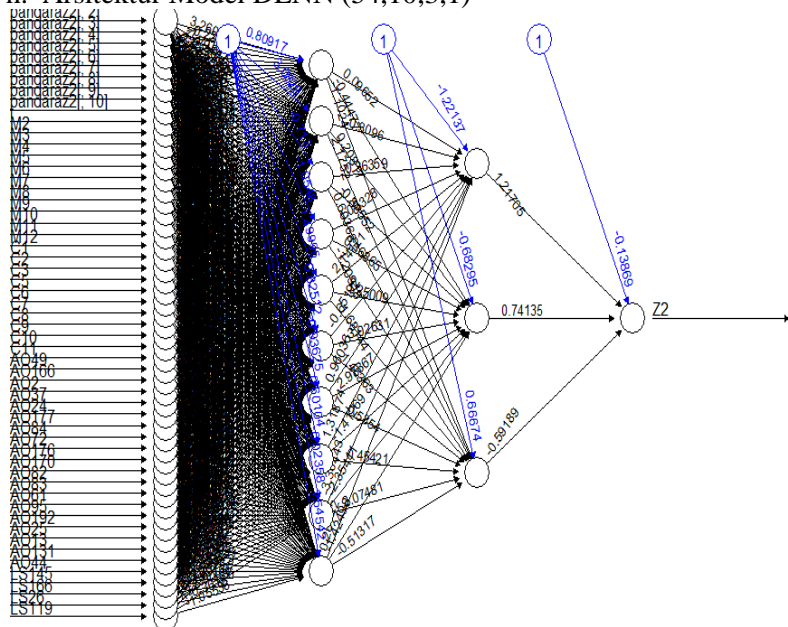
| Tests for Normality |               |                   |                 |
|---------------------|---------------|-------------------|-----------------|
| Test                | --Statistic-- | -----p Value----- |                 |
| Kolmogorov-Smirnov  | D             | 0.051846          | Pr > D = 0.1500 |

f. Arsitektur Model FFNN (54,1,1)

g. Arsitektur Model *hybrid* ARIMAX-FFNN (9,5,1) dan *hybrid* ARIMAX-FFNN (54,6,1)



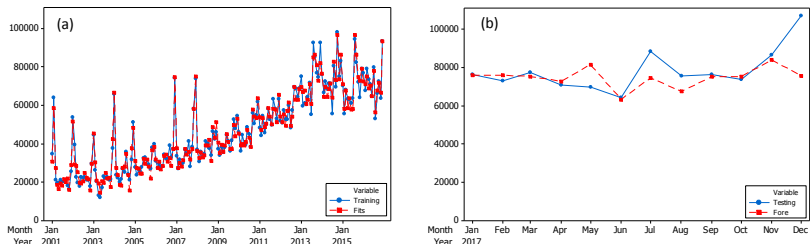
#### h. Arsitektur Model DLNN (54,10,3,1)



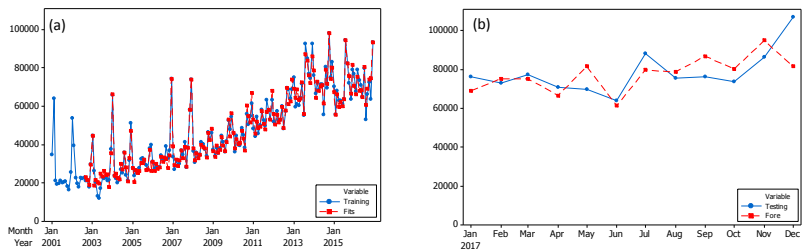


j. Perbandingan Data *Training* dan Nilai *Fits* (a) serta Data *Testing* dan Ramalan Pada 5 Model

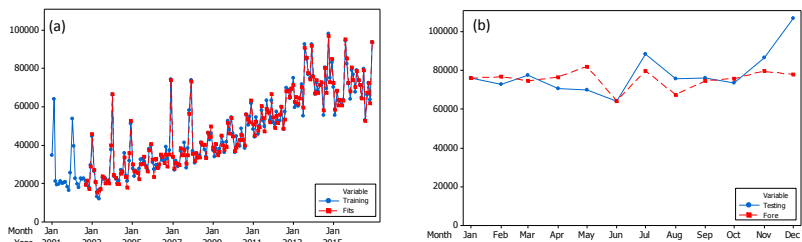
1. Model ARIMAX ([1,2,4,5,10,11,12,13,20],0,0)



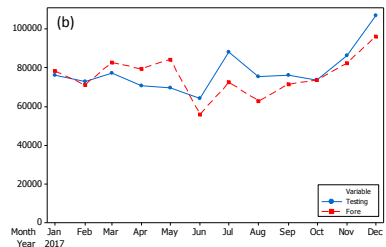
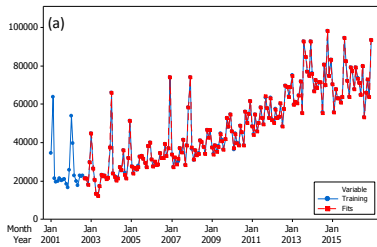
2. Model FFNN (54,1,1)



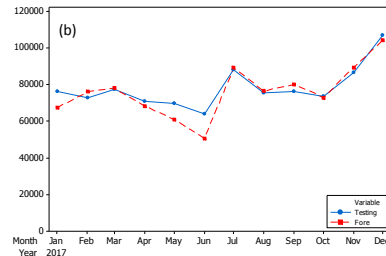
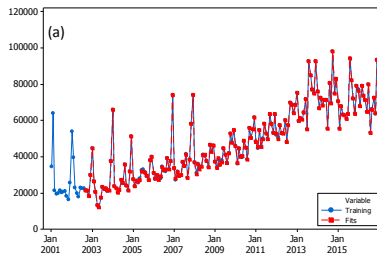
3. Model *hybrid* ARIMAX-FFNN (9,5,1)



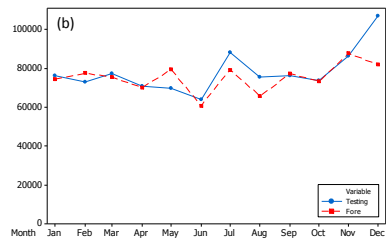
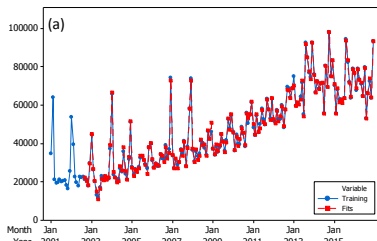
4. Model *hybrid* ARIMAX-FFNN (54,6,1)



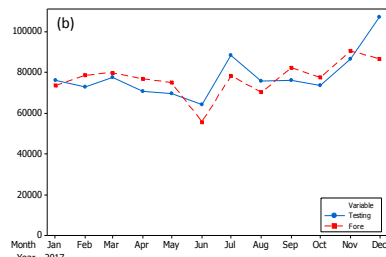
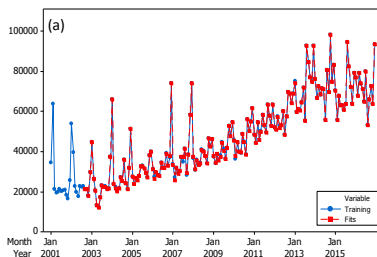
5. Model DLNN (54,10,3,1)



6. Model *hybrid* ARIMAX-DLNN (9,8,8,1)



7. Model *hybrid* ARIMAX-DLNN (9,8,8,1)



## Lampiran 6. Pemodelan Jumlah Barang Yang Dimuat Pada Penerbangan Domestik di Bandar Udara Internasional Juanda

### a. Regresi *Time Series*

#### Regression Analysis: Z3 versus D1, D2, ...

The regression equation is

$$\begin{aligned} Z3 = & 954 - 199 D1 - 1142 D2 + 2855 D3 - 26.8 D1t - 14.6 D2t + 44.5 D3t + 46.8 t - 216 M-1 - \\ & 512 M-2 - 495 M-3 - 482 M-4 - 384 M-5 - 397 M-6 - 274 M-7 - 410 M-8 - 617 M-9 - 303 \\ & M-10 - 236 M-11 - 65 L1(t-1) - 70 L2(t-1) - 78 L3(t-1) + 57 L4(t-1) - 412 L1(t) - 180 \\ & L2(t) - 206 L3(t) - 253 L4(t) - 297 L1(t+1) - 449 L2(t+1) - 197 L3(t+1) - 269 L4(t+1) \end{aligned}$$

| Predictor | Coef    | SE Coef | T     | P     |
|-----------|---------|---------|-------|-------|
| Constant  | 953.6   | 148.9   | 6.40  | 0.000 |
| D1        | -199.3  | 312.9   | -0.64 | 0.525 |
| D2        | -1141.7 | 887.1   | -1.29 | 0.200 |
| D3        | 2855    | 1173    | 2.43  | 0.016 |
| D1t       | -26.831 | 4.362   | -6.15 | 0.000 |
| D2t       | -14.585 | 6.980   | -2.09 | 0.038 |
| D3t       | -44.489 | 7.238   | -6.15 | 0.000 |
| t         | 46.770  | 2.982   | 15.68 | 0.000 |
| M-1       | -216.2  | 144.4   | -1.50 | 0.136 |
| M-2       | -511.7  | 146.0   | -3.50 | 0.001 |
| M-3       | -494.8  | 145.8   | -3.39 | 0.001 |
| M-4       | -481.9  | 145.6   | -3.31 | 0.001 |
| M-5       | -384.5  | 145.5   | -2.64 | 0.009 |
| M-6       | -397.4  | 146.5   | -2.71 | 0.007 |
| M-7       | -273.7  | 145.8   | -1.88 | 0.062 |
| M-8       | -409.6  | 146.3   | -2.80 | 0.006 |
| M-9       | -616.6  | 146.5   | -4.21 | 0.000 |
| M-10      | -303.4  | 147.6   | -2.06 | 0.041 |
| M-11      | -235.6  | 145.0   | -1.62 | 0.106 |
| L1(t-1)   | -65.4   | 210.7   | -0.31 | 0.757 |
| L2(t-1)   | -70.2   | 212.1   | -0.33 | 0.741 |
| L3(t-1)   | -77.9   | 209.5   | -0.37 | 0.711 |
| L4(t-1)   | 56.5    | 212.4   | 0.27  | 0.791 |
| L1(t)     | -412.0  | 210.8   | -1.95 | 0.052 |
| L2(t)     | -180.5  | 212.6   | -0.85 | 0.397 |
| L3(t)     | -206.3  | 210.0   | -0.98 | 0.327 |
| L4(t)     | -252.7  | 213.0   | -1.19 | 0.237 |
| L1(t+1)   | -297.2  | 210.8   | -1.41 | 0.160 |
| L2(t+1)   | -448.6  | 212.3   | -2.11 | 0.036 |
| L3(t+1)   | -197.0  | 243.3   | -0.81 | 0.419 |
| L4(t+1)   | -269.0  | 189.1   | -1.42 | 0.157 |

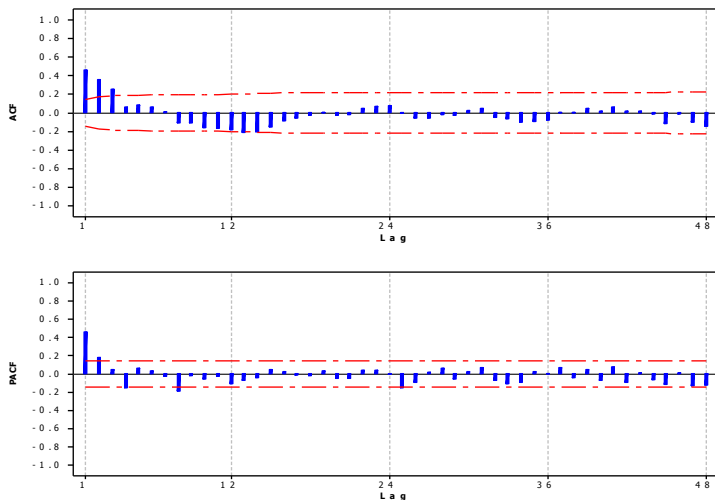
S = 400.146    R-Sq = 88.5%    R-Sq(adj) = 86.4%

Analysis of Variance

| Source         | DF  | SS        | MS      | F     | P     |
|----------------|-----|-----------|---------|-------|-------|
| Regression     | 30  | 199304616 | 6643487 | 41.49 | 0.000 |
| Residual Error | 161 | 25778798  | 160117  |       |       |
| Total          | 191 | 225083414 |         |       |       |

### b. Plot ACF dan PACF Residual Regresi *Time Series*





### c. Output Program SAS untuk Model ARIMAX

```

The ARIMA Procedure
Maximum Likelihood Estimation
Approx

Parameter      Estimate      Standard Error      t Value      Pr > |t|      Lag      Variable      Shift
-----
MU              973.98207      196.16622          4.96          <.0001         0        y              0
AR1,1           0.39409       0.07696           5.12          <.0001         1        y              0
AR1,2           0.28133       0.08355           3.37          0.0008         2        y              0
AR1,3           -0.19754      0.08748           -2.26         0.0239         4        y              0
AR1,4           0.20231       0.08454           2.39          0.0167         6        y              0
AR1,5           -0.19796      0.07842           -2.52         0.0116         8        y              0
NUM1            -193.47891     498.47436         -0.39         0.6979         0       D1              0
NUM2            -2185.9        1368.5            -1.60         0.1102         0       D2              0
NUM3            2776.2         1995.0            1.46         0.1450         0       D3              0
NUM4            -24.38969      7.24300           -3.37         0.0008         0       D1t             0
NUM5            -4.89196       10.89971          -0.45         0.6536         0       D2t             0
NUM6            -41.75968      11.69178          -3.57         0.0004         0       D3t             0
NUM7            44.16451       4.08859           9.18          <.0001         0        t              0
NUM8            -205.69822     112.81859         -1.82         0.0683         0       M1              0
NUM9            -480.72433     124.90752         -3.85         0.0001         0       M2              0
NUM10            -452.68101     132.06838         -3.43         0.0006         0       M3              0
NUM11            -458.65904     143.82121         -3.19         0.0014         0       M4              0
NUM12            -358.70611     136.14092         -2.63         0.0084         0       M5              0
NUM13            -369.60105     125.54261         -2.94         0.0032         0       M6              0
NUM14            -265.92180     135.62205         -1.96         0.0499         0       M7              0
NUM15            -408.52955     143.07337         -2.86         0.0043         0       M8              0
NUM16            -612.06498     130.26948         -4.70          <.0001         0       M9              0
NUM17            -314.96053     122.71968         -2.57         0.0103         0       M10             0
NUM18            -269.71468     110.61059         -2.44         0.0148         0       M11             0
NUM19            46.81412       167.50803         0.28          0.7799         0       C1              0
NUM20            -106.61700     167.22322         -0.64          0.5238         0       C2              0
NUM21            -133.96755     164.97365         -0.81         0.4168         0       C3              0
NUM22            87.84869       164.26595         0.53          0.5928         0       C4              0
NUM23            -229.70759     163.59581         -1.40         0.1603         0       C5              0
NUM24            -86.97829     161.17589         -0.54          0.5894         0       C6              0
NUM25            -194.23370     161.33833         -1.20         0.2286         0       C7              0
NUM26            -92.09353     160.20236         -0.57          0.5654         0       C8              0
NUM27            -133.71160     168.47531         -0.79          0.4274         0       C9              0
NUM28            -301.11197     168.93305         -1.78          0.0747         0       C10             0
NUM29            -276.82396     185.74160         -1.49          0.1361         0       C11             0
NUM30            -83.21339     147.42481         -0.56          0.5725         0       C12             0

Constant Estimate      504.2558
Variance Estimate      114345.2
Std Error Estimate     338.1496
AIC                    2814.113
SBC                    2931.383
Number of Residuals    192

Autocorrelation Check of Residuals
Lag      Chi-Square      DF      Pr > ChiSq      Autocorrelations
-----
6         2.88          1      0.0899          -0.002   -0.025   0.061   -0.065   0.076   0.008
12        4.07          7      0.7721          0.017   -0.022   0.003   0.047   0.038   -0.036
18        6.04         13      0.9448          -0.061   -0.070   -0.023   -0.002   -0.018   -0.004
24       10.09         19      0.9506          -0.049   -0.069   -0.036   0.036   0.040   0.076
30       14.64         25      0.9494          -0.060   -0.114   -0.042   -0.008   -0.036   0.021
36       21.36         31      0.9021          0.075   -0.082   0.004   -0.056   -0.075   -0.087

Tests for Normality
Test      Statistic      Pr > D
-----
Kolmogorov-Smirnov      D      0.068091      0.0283

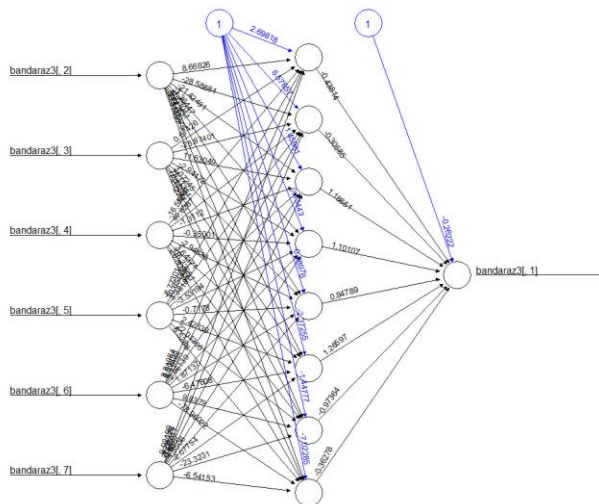
```

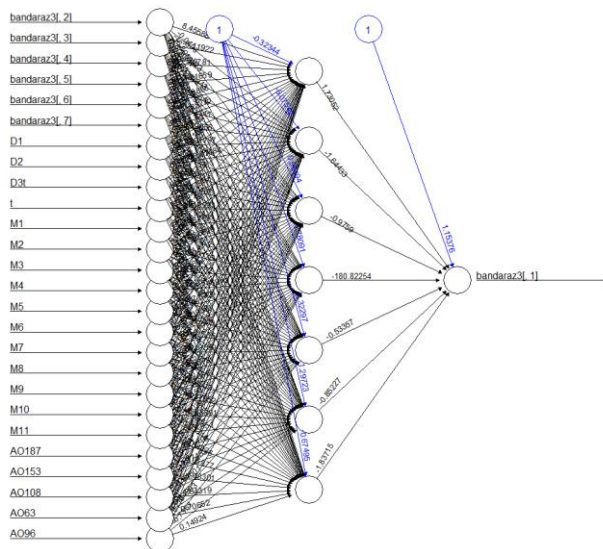
d. *Output* Program SAS untuk Model ARIMAX dengan eliminasi

| The ARIMA Procedure                |               |                |                       |                            |        |          |        |        |        |
|------------------------------------|---------------|----------------|-----------------------|----------------------------|--------|----------|--------|--------|--------|
| Maximum Likelihood Estimation      |               |                |                       |                            |        |          |        |        |        |
| Parameter                          | Estimate      | Standard Error | t Value               | Pr >  t                    | Lag    | Variable | Shift  |        |        |
| MU                                 | 1005.6        | 211.05466      | 4.76                  | <.0001                     | 0      | y        | 0      |        |        |
| AR1,1                              | 0.41997       | 0.07451        | 5.64                  | <.0001                     | 1      | y        | 0      |        |        |
| AR1,2                              | 0.23881       | 0.07882        | 3.02                  | 0.0025                     | 2      | y        | 0      |        |        |
| AR1,3                              | -0.14114      | 0.08205        | -1.72                 | 0.0854                     | 4      | y        | 0      |        |        |
| AR1,4                              | 0.16959       | 0.08268        | 2.05                  | 0.0403                     | 5      | y        | 0      |        |        |
| AR1,5                              | 0.18793       | 0.08340        | 2.25                  | 0.0242                     | 6      | y        | 0      |        |        |
| AR1,6                              | -0.15222      | 0.07260        | -2.10                 | 0.0360                     | 8      | y        | 0      |        |        |
| AR1,7                              | -0.15106      | 0.06387        | -2.37                 | 0.0180                     | 26     | y        | 0      |        |        |
| NUM1                               | -2814.4       | 555.60195      | -5.07                 | <.0001                     | 0      | D2       | 0      |        |        |
| NUM2                               | 5965.1        | 2675.0         | 2.23                  | 0.0258                     | 0      | D3       | 0      |        |        |
| NUM3                               | -22.86265     | 3.95178        | -5.79                 | <.0001                     | 0      | D1t      | 0      |        |        |
| NUM4                               | -56.93408     | 17.13728       | -3.32                 | 0.0009                     | 0      | D3t      | 0      |        |        |
| NUM5                               | 41.69403      | 5.11899        | 8.14                  | <.0001                     | 0      | t        | 0      |        |        |
| NUM6                               | -226.28679    | 112.21418      | -2.02                 | 0.0437                     | 0      | M1       | 0      |        |        |
| NUM7                               | -502.59523    | 139.11874      | -3.61                 | 0.0003                     | 0      | M2       | 0      |        |        |
| NUM8                               | -459.87877    | 148.65731      | -3.09                 | 0.0020                     | 0      | M3       | 0      |        |        |
| NUM9                               | -458.26341    | 147.19521      | -3.11                 | 0.0019                     | 0      | M4       | 0      |        |        |
| NUM10                              | -351.31500    | 120.96761      | -2.90                 | 0.0037                     | 0      | M5       | 0      |        |        |
| NUM11                              | -368.93281    | 103.44895      | -3.57                 | 0.0004                     | 0      | M6       | 0      |        |        |
| NUM12                              | -307.82464    | 120.99494      | -2.54                 | 0.0110                     | 0      | M7       | 0      |        |        |
| NUM13                              | -473.52937    | 147.01185      | -3.22                 | 0.0013                     | 0      | M8       | 0      |        |        |
| NUM14                              | -626.22090    | 146.91881      | -4.26                 | <.0001                     | 0      | M9       | 0      |        |        |
| NUM15                              | -327.20674    | 136.07717      | -2.40                 | 0.0162                     | 0      | M10      | 0      |        |        |
| NUM16                              | -296.65018    | 108.92512      | -2.72                 | 0.0065                     | 0      | M11      | 0      |        |        |
| NUM17                              | -251.42155    | 142.63720      | -1.76                 | 0.0780                     | 0      | C10      | 0      |        |        |
| Constant Estimate                  |               |                |                       | 431.3487                   |        |          |        |        |        |
| Variance Estimate                  |               |                |                       | 105598.1                   |        |          |        |        |        |
| Std Error Estimate                 |               |                |                       | 324.9587                   |        |          |        |        |        |
| AIC                                |               |                |                       | 2791.237                   |        |          |        |        |        |
| SBC                                |               |                |                       | 2872.674                   |        |          |        |        |        |
| Number of Residuals                |               |                |                       | 192                        |        |          |        |        |        |
| Autocorrelation Check of Residuals |               |                |                       |                            |        |          |        |        |        |
| To Lag                             | Chi-Square    | DF             | Pr > ChiSq            | -----Autocorrelations----- |        |          |        |        |        |
| 6                                  | .             | 0              | .                     | -0.009                     | -0.021 | 0.088    | -0.015 | -0.007 |        |
| 12                                 | 4.47          | 5              | 0.4837                | -0.005                     | -0.055 | 0.054    | 0.064  | 0.031  | -0.011 |
| 18                                 | 6.30          | 11             | 0.8529                | -0.027                     | -0.007 | 0.006    | 0.009  | 0.009  | 0.017  |
| 24                                 | 9.70          | 17             | 0.9157                | 0.011                      | -0.070 | -0.045   | 0.025  | 0.015  | 0.007  |
| 30                                 | 10.71         | 23             | 0.9860                | -0.030                     | -0.008 | -0.035   | 0.003  | -0.043 | 0.020  |
| 36                                 | 16.47         | 29             | 0.9698                | 0.017                      | -0.124 | 0.022    | 0.022  | -0.044 | -0.077 |
| Forecasts for variable y           |               |                |                       |                            |        |          |        |        |        |
| Obs                                | Forecast      | Std Error      | 95% Confidence Limits |                            |        |          |        |        |        |
| 193                                | 3853.7825     | 324.9587       | 3216.8752             | 4490.6898                  |        |          |        |        |        |
| 194                                | 3749.0092     | 352.4525       | 3058.2149             | 4439.8034                  |        |          |        |        |        |
| 195                                | 3879.5695     | 377.3004       | 3140.0744             | 4619.0646                  |        |          |        |        |        |
| 196                                | 3667.6281     | 387.6630       | 2907.0225             | 4427.4336                  |        |          |        |        |        |
| 197                                | 3871.6340     | 388.3792       | 3110.4247             | 4632.8434                  |        |          |        |        |        |
| 198                                | 3855.8290     | 394.1056       | 3083.3963             | 4628.2618                  |        |          |        |        |        |
| 199                                | 3818.7550     | 406.3332       | 3022.3566             | 4615.1534                  |        |          |        |        |        |
| 200                                | 3649.7432     | 416.9289       | 2832.5776             | 4466.9089                  |        |          |        |        |        |
| 201                                | 3580.9854     | 419.9620       | 2757.0750             | 4404.0959                  |        |          |        |        |        |
| 202                                | 3812.4582     | 421.3278       | 2986.6710             | 4638.2455                  |        |          |        |        |        |
| 203                                | 3805.7797     | 421.3954       | 2979.8599             | 4631.6995                  |        |          |        |        |        |
| 204                                | 4042.9316     | 421.6232       | 3216.5653             | 4869.2980                  |        |          |        |        |        |
| Tests for Normality                |               |                |                       |                            |        |          |        |        |        |
| Test                               | --Statistic-- |                |                       | -----p Value-----          |        |          |        |        |        |
| Kolmogorov-Smirnov                 | D             | 0.064196       |                       | Pr > D                     | 0.0514 |          |        |        |        |

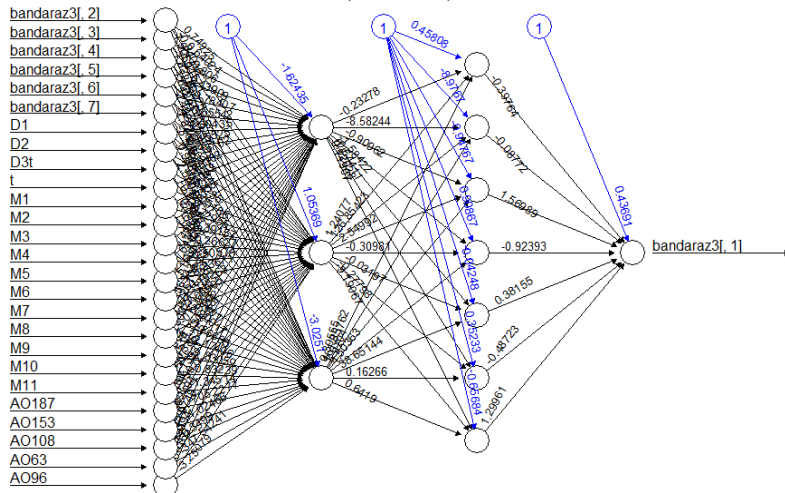
e. *Output*      Program      SAS      untuk      Model      ARIMAX  
 ([1,2,6,8,17,26],0,0) dengan *dummy outlier*

| The ARIMA Procedure                           |               |                |                       |                    |                            |        |          |        |        |
|---|---------------|----------------|-----------------------|--------------------|----------------------------|--------|----------|--------|--------|
| Conditional Least Squares Estimation          |               |                |                       |                    |                            |        |          |        |        |
| Parameter                                     | Estimate      | Standard Error | t Value               | Pr >  t            | Approx                     | Lag    | Variable | Shift  |        |
| MU  | 368.76907     | 59.74713       | 6.17                  | <.0001             |                            | 0      | y        | 0      |        |
| AR1,1   | -0.42556      | 0.07153        | -5.95                 | <.0001             |                            | 1      | y        | 0      |        |
| AR1,2   | -0.27177      | 0.07836        | -3.47                 | 0.0007             |                            | 2      | y        | 0      |        |
| AR1,3   | -0.14786      | 0.07840        | -1.89                 | 0.0610             |                            | 3      | y        | 0      |        |
| AR1,4   | -0.30570      | 0.07349        | -4.16                 | <.0001             |                            | 4      | y        | 0      |        |
| AR1,5   | -0.20675      | 0.07729        | -2.68                 | 0.0082             |                            | 32     | y        | 0      |        |
| AR1,6   | -0.20330      | 0.07970        | -2.55                 | 0.0116             |                            | 36     | y        | 0      |        |
| NUM1  | -291.30789    | 126.46746      | -2.30                 | 0.0225             |                            | 0      | D1       | 0      |        |
| NUM2  | 3.20325       | 1.37517        | 2.33                  | 0.0210             |                            | 0      | D1t      | 0      |        |
| NUM3  | -548.87992    | 110.73247      | -4.96                 | <.0001             |                            | 0      | M1       | 0      |        |
| NUM4  | -703.00747    | 112.65590      | -6.24                 | <.0001             |                            | 0      | M2       | 0      |        |
| NUM5  | -300.86936    | 95.74093       | -3.14                 | 0.0020             |                            | 0      | M3       | 0      |        |
| NUM6  | -350.13326    | 110.71692      | -3.16                 | 0.0019             |                            | 0      | M4       | 0      |        |
| NUM7  | -238.87346    | 92.45176       | -2.58                 | 0.0106             |                            | 0      | M5       | 0      |        |
| NUM8  | -355.08143    | 110.72503      | -3.21                 | 0.0016             |                            | 0      | M6       | 0      |        |
| NUM9  | -210.11207    | 94.84347       | -2.22                 | 0.0281             |                            | 0      | M7       | 0      |        |
| NUM10   | -512.93719    | 113.74238      | -4.51                 | <.0001             |                            | 0      | M8       | 0      |        |
| NUM11   | -494.62884    | 109.13780      | -4.53                 | <.0001             |                            | 0      | M9       | 0      |        |
| NUM12   | -290.65706    | 123.77655      | -2.35                 | 0.0200             |                            | 0      | M11      | 0      |        |
| NUM13   | -432.58368    | 148.30968      | -2.92                 | 0.0040             |                            | 0      | C2       | 0      |        |
| NUM14   | -391.24338    | 148.59631      | -2.63                 | 0.0092             |                            | 0      | C5       | 0      |        |
| Constant Estimate                             |               |                |                       |                    | 944.3926                   |        |          |        |        |
| Variance Estimate                             |               |                |                       |                    | 114426.3                   |        |          |        |        |
| Std Error Estimate                            |               |                |                       |                    | 338.2695                   |        |          |        |        |
| AIC   |               |                |                       |                    | 2786.496                   |        |          |        |        |
| SBC   |               |                |                       |                    | 2854.794                   |        |          |        |        |
| Number of Residuals                           |               |                |                       |                    | 191                        |        |          |        |        |
| * AIC and SBC do not include log determinant. |               |                |                       |                    |                            |        |          |        |        |
| Autocorrelation Check of Residuals            |               |                |                       |                    |                            |        |          |        |        |
| To  | Chi-Square    | DF             | Pr >                  | ChiSq              | -----Autocorrelations----- |        |          |        |        |
| Lag   |               |                |                       |                    |                            |        |          |        |        |
| 6   |               | 0              |                       |                    | -0.051                     | 0.023  | -0.029   | -0.073 | -0.057 |
| 12  | 5.67          | 6              | 0.4609                | 0.032              | -0.053                     | 0.038  | -0.072   | 0.003  | -0.007 |
| 18  | 9.22          | 12             | 0.6839                | -0.025             | -0.052                     | 0.041  | 0.021    | 0.076  | 0.074  |
| 24  | 13.08         | 18             | 0.7870                | 0.059              | -0.105                     | -0.039 | 0.033    | 0.007  | 0.027  |
| 30  | 18.20         | 24             | 0.7933                | -0.033             | -0.092                     | -0.069 | -0.051   | -0.043 | 0.063  |
| 36  | 20.94         | 30             | 0.8896                | -0.043             | -0.032                     | -0.037 | 0.058    | -0.063 | -0.015 |
| Forecasts for variable y                      |               |                |                       |                    |                            |        |          |        |        |
| Obs   | Forecast      | Std Error      | 95% Confidence Limits |                    |                            |        |          |        |        |
| 193   | 4173.0890     | 338.2695       | 3510.0930             | 4836.0850          |                            |        |          |        |        |
| 194   | 4148.9223     | 390.1094       | 3384.3220             | 4913.5226          |                            |        |          |        |        |
| 195   | 3974.9285     | 423.0421       | 3145.7812             | 4804.0758          |                            |        |          |        |        |
| 196   | 3946.6229     | 454.3737       | 3056.0667             | 4837.1791          |                            |        |          |        |        |
| 197   | 4208.8216     | 463.4158       | 3300.5433             | 5117.0999          |                            |        |          |        |        |
| 198   | 4167.1069     | 493.9045       | 3199.0719             | 5135.1418          |                            |        |          |        |        |
| 199   | 4459.5379     | 521.1396       | 3438.1230             | 5480.9527          |                            |        |          |        |        |
| 200   | 4262.6270     | 544.2543       | 3195.9083             | 5329.3458          |                            |        |          |        |        |
| 201   | 4165.3591     | 571.1464       | 3045.9327             | 5284.7856          |                            |        |          |        |        |
| 202   | 4502.6493     | 589.2915       | 3347.6592             | 5657.6393          |                            |        |          |        |        |
| 203   | 4618.9808     | 609.4418       | 3424.4968             | 5813.4649          |                            |        |          |        |        |
| 204   | 4972.8985     | 629.8702       | 3738.3755             | 6207.4215          |                            |        |          |        |        |
| Tests for Normality                           |               |                |                       |                    |                            |        |          |        |        |
| Test  | --Statistic-- |                |                       | -----p Value-----  |                            |        |          |        |        |
| Kolmogorov-Smirnov                            | D             | 0.060138       |                       | Pr > D      0.0900 |                            |        |          |        |        |

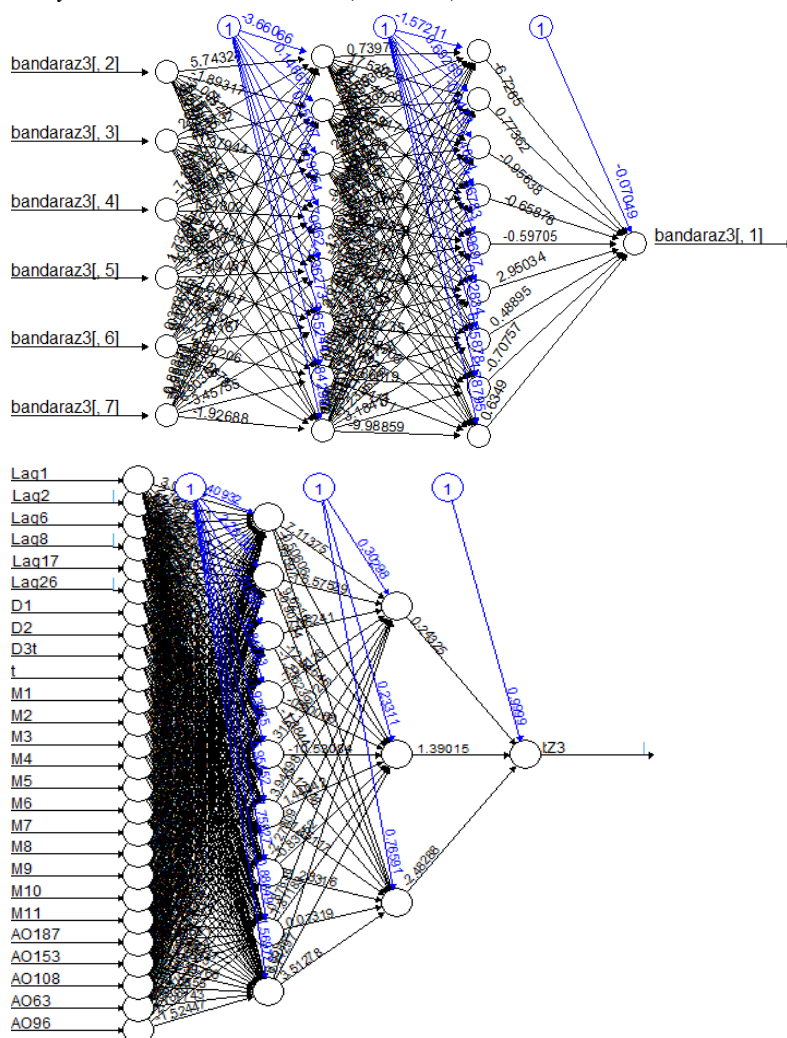




h. Arsitektur Model DLNN (26,9,3,1)

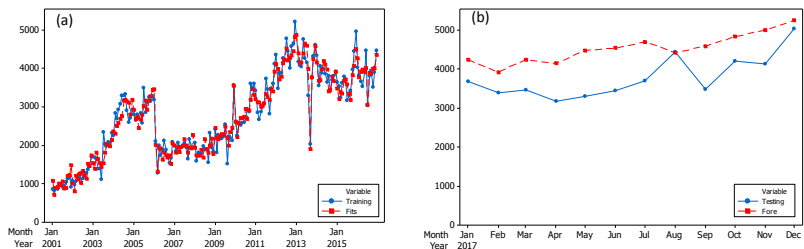


- i. Arsitektur Model *hybrid* ARIMAX-DLNN (6,8,9,1) dan *hybrid* ARIMAX-DLNN (26,8,9,1)

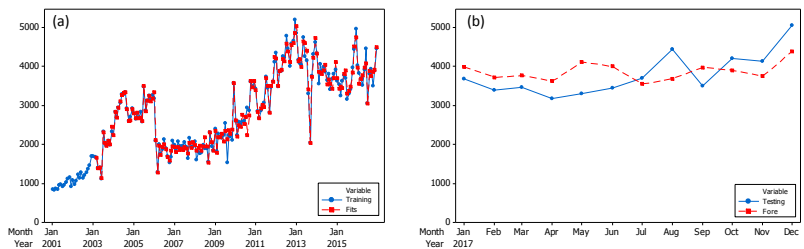


- j. Perbandingan Data *Training* dan Nilai *Fits* (a) serta Data *Testing* dan Ramalan Pada 5 Model

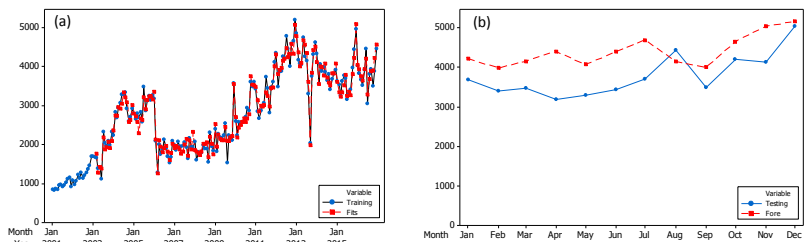
### 1. Model ARIMAX ([1,2,6,8,17,26],0,0)



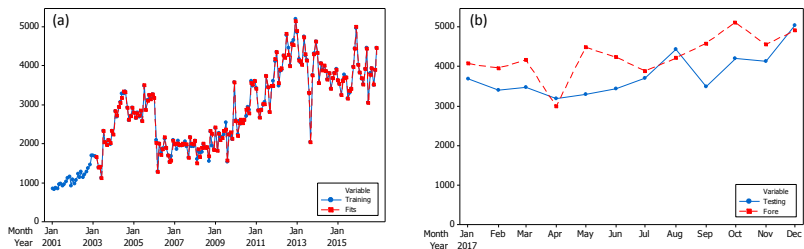
### 2. Model FFNN (26,5,1)



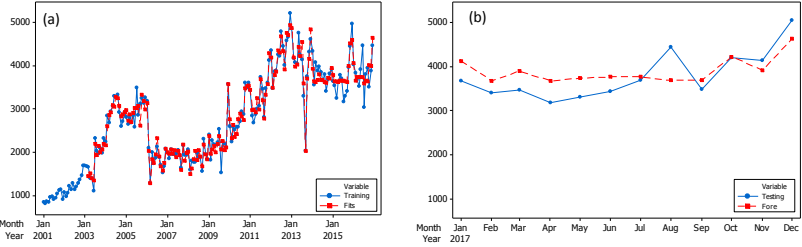
### 3. Model *hybrid* ARIMAX-FFNN (6,8,1)



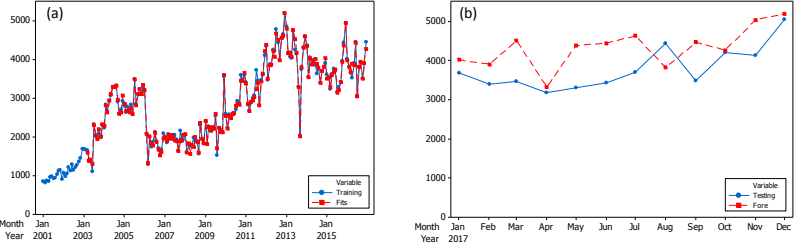
### 4. Model *hybrid* ARIMAX-FFNN (26,7,1)



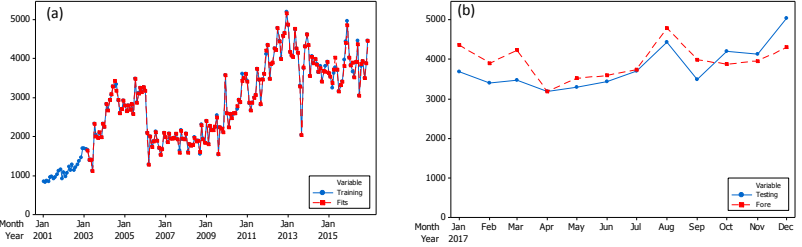
5. Model DLNN (26,9,3,1)



6. Model *hybrid* ARIMAX-DLNN (6,8,9,1)



7. Model *hybrid* ARIMAX-DLNN (26,8,9,1)





## Lampiran 7. Pemodelan Jumlah Barang Yang Dimuat Pada Penerbangan Internasional di Bandar Udara Internasional Juanda

### a. Regresi *Time Series*

#### Regression Analysis: Z4 versus D1, D2, ...

The regression equation is

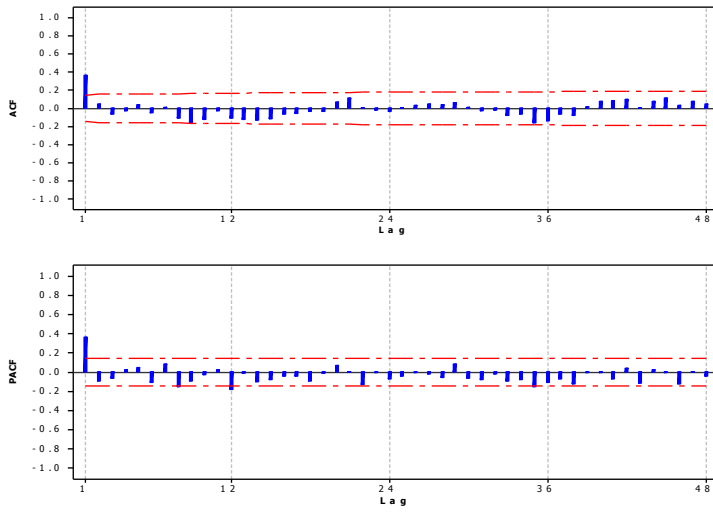
$$\begin{aligned} Z4 = & 714 - 79.1 D1 - 216 D2 + 694 D3 - 9.59 D1t - 2.86 D2t - 8.50 D3t + 5.41 t - 50.5 M-1 - \\ & 144 M-2 - 43.7 M-3 - 99.5 M-4 - 94.4 M-5 - 39.2 M-6 - 33.6 M-7 - 72.1 M-8 - 67.1 M-9 \\ & - 18.4 M-10 + 16.2 M-11 - 129 L1(t-1) + 6.1 L2(t-1) - 100 L3(t-1) - 15.6 L4(t-1) - \\ & 143 L1(t) - 76.1 L2(t) - 152 L3(t) - 14.6 L4(t) + 13.0 L1(t+1) + 43.7 L2(t+1) - 8.9 \\ & L3(t+1) - 13.7 L4(t+1) \end{aligned}$$

| Predictor | Coef    | SE Coef | T     | P     |
|-----------|---------|---------|-------|-------|
| Constant  | 714.40  | 55.44   | 12.89 | 0.000 |
| D1        | -79.10  | 83.72   | -0.94 | 0.346 |
| D2        | -215.86 | 72.55   | -2.98 | 0.003 |
| D3        | 694.0   | 201.1   | 3.45  | 0.001 |
| D1t       | -9.590  | 3.593   | -2.67 | 0.008 |
| D2t       | -2.861  | 3.347   | -0.85 | 0.394 |
| D3t       | -8.496  | 3.444   | -2.47 | 0.015 |
| t         | 5.411   | 3.304   | 1.64  | 0.103 |
| M-1       | -50.49  | 38.96   | -1.30 | 0.197 |
| M-2       | -143.53 | 39.29   | -3.65 | 0.000 |
| M-3       | -43.66  | 39.21   | -1.11 | 0.267 |
| M-4       | -99.47  | 39.23   | -2.54 | 0.012 |
| M-5       | -94.40  | 39.15   | -2.41 | 0.017 |
| M-6       | -39.25  | 39.44   | -1.00 | 0.321 |
| M-7       | -33.60  | 39.18   | -0.86 | 0.392 |
| M-8       | -72.08  | 39.27   | -1.84 | 0.068 |
| M-9       | -67.11  | 39.29   | -1.71 | 0.090 |
| M-10      | -18.35  | 39.59   | -0.46 | 0.644 |
| M-11      | 16.20   | 38.84   | 0.42  | 0.677 |
| L1(t-1)   | -129.33 | 57.29   | -2.26 | 0.025 |
| L2(t-1)   | 6.07    | 56.81   | 0.11  | 0.915 |
| L3(t-1)   | -100.33 | 56.36   | -1.78 | 0.077 |
| L4(t-1)   | -15.55  | 56.39   | -0.28 | 0.783 |
| L1(t)     | -142.94 | 57.36   | -2.49 | 0.014 |
| L2(t)     | -76.09  | 56.91   | -1.34 | 0.183 |
| L3(t)     | -151.92 | 56.46   | -2.69 | 0.008 |
| L4(t)     | -14.63  | 56.61   | -0.26 | 0.796 |
| L1(t+1)   | 13.00   | 56.59   | 0.23  | 0.819 |
| L2(t+1)   | 43.68   | 56.72   | 0.77  | 0.442 |
| L3(t+1)   | -8.87   | 65.48   | -0.14 | 0.892 |
| L4(t+1)   | -13.69  | 50.35   | -0.27 | 0.786 |

S = 107.405 R-Sq = 74.2% R-Sq(adj) = 69.4%

Analysis of Variance

| Source         | DF  | SS      | MS     | F     | P     |
|----------------|-----|---------|--------|-------|-------|
| Regression     | 30  | 5354514 | 178484 | 15.47 | 0.000 |
| Residual Error | 161 | 1857262 | 11536  |       |       |
| Total          | 191 | 7211776 |        |       |       |

b. *Plot ACF dan PACF Residual Regresi Time Series*

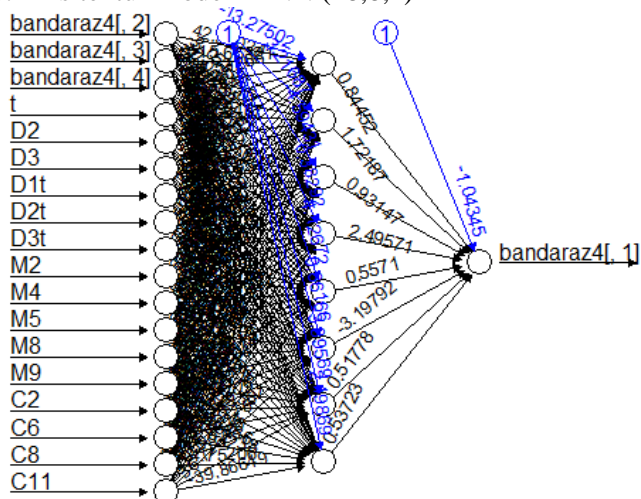
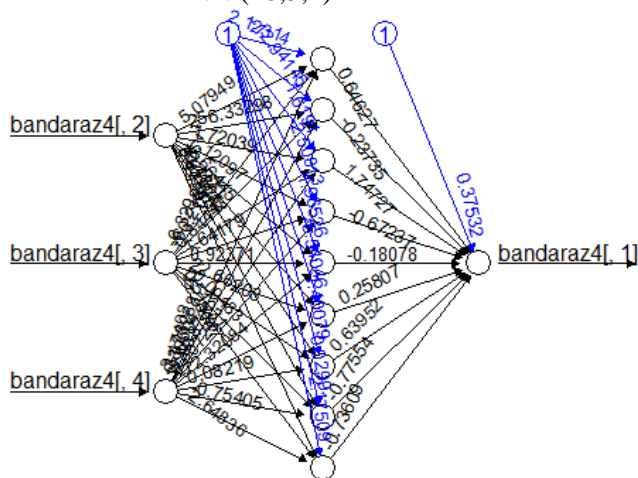
### c. Output Program SAS untuk Model ARIMAX

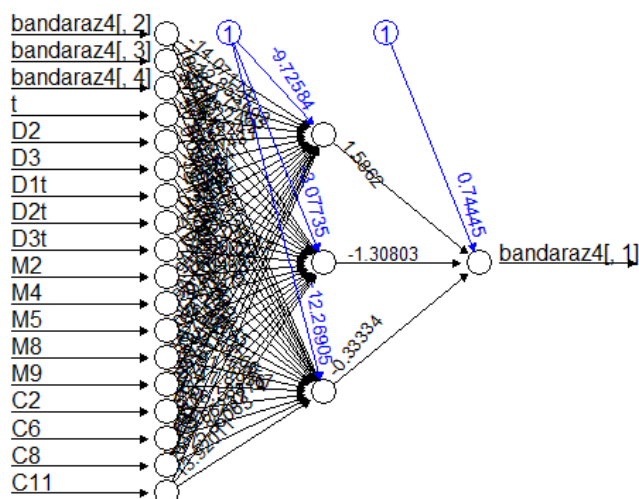
| The ARIMA Procedure   |               |                |            |                            |         |          |        |        |        |
|---|---------------|----------------|------------|----------------------------|---------|----------|--------|--------|--------|
| WARNING: The Marquardt direction (approximate Hessian) matrix is singular. The singularity was detected for the row corresponding to the NUM19 parameter. |               |                |            |                            |         |          |        |        |        |
| WARNING: The cross products matrix used to approximate the correlations of the estimates is singular after the estimation process has terminated.         |               |                |            |                            |         |          |        |        |        |
| Conditional Least Squares Estimation  |               |                |            |                            |         |          |        |        |        |
| Parameter   | Estimate      | Standard Error | t Value    | Pr >  t                    | Lag     | Variable | Shift  |        |        |
| MU  | 629.36357     | 55.98478       | 11.26      | <.0001                     | 0       | y        | 0      |        |        |
| MA1,1   | 0.49829       | 0.26495        | 1.88       | 0.0619                     | 1       | y        | 0      |        |        |
| AR1,1   | 0.89566       | 0.25676        | 3.49       | 0.0006                     | 1       | y        | 0      |        |        |
| AR1,2   | -0.32025      | 0.10870        | -2.95      | 0.0037                     | 2       | y        | 0      |        |        |
| AR1,3   | -0.15376      | 0.06995        | -2.20      | 0.0294                     | 35      | y        | 0      |        |        |
| NUM1  | -52.28364     | 98.75368       | -0.53      | 0.5973                     | 0       | D1       | 0      |        |        |
| NUM2  | -180.87390    | 79.14577       | -2.29      | 0.0236                     | 0       | D2       | 0      |        |        |
| NUM3  | 801.91739     | 257.59792      | 3.11       | 0.0022                     | 0       | D3       | 0      |        |        |
| NUM4  | -12.01501     | 4.15890        | -2.89      | 0.0044                     | 0       | D1t      | 0      |        |        |
| NUM5  | -5.13575      | 3.63610        | -1.41      | 0.1598                     | 0       | D2t      | 0      |        |        |
| NUM6  | -11.18506     | 3.82430        | -2.92      | 0.0040                     | 0       | D3t      | 0      |        |        |
| NUM7  | 7.58390       | 3.59738        | 2.11       | 0.0366                     | 0       | t        | 0      |        |        |
| NUM8  | 10.21492      | 30.14405       | 0.34       | 0.7352                     | 0       | M1       | 0      |        |        |
| NUM9  | -85.37614     | 34.16823       | -2.50      | 0.0135                     | 0       | M2       | 0      |        |        |
| NUM10   | 15.12237      | 34.94815       | 0.43       | 0.6658                     | 0       | M3       | 0      |        |        |
| NUM11   | -38.38907     | 34.46751       | -1.11      | 0.2671                     | 0       | M4       | 0      |        |        |
| NUM12   | -33.74373     | 33.83604       | -1.00      | 0.3202                     | 0       | M5       | 0      |        |        |
| NUM13   | 17.80005      | 33.71273       | 0.53       | 0.5983                     | 0       | M6       | 0      |        |        |
| NUM14   | 25.97334      | 34.00594       | 0.76       | 0.4461                     | 0       | M7       | 0      |        |        |
| NUM15   | -9.35119      | 34.74696       | -0.27      | 0.7882                     | 0       | M8       | 0      |        |        |
| NUM16   | -2.54877      | 35.34752       | -0.07      | 0.9426                     | 0       | M9       | 0      |        |        |
| NUM17   | 44.54720      | 34.64997       | 1.29       | 0.2005                     | 0       | M10      | 0      |        |        |
| NUM18   | 73.77241      | 29.51239       | 2.50       | 0.0135                     | 0       | M11      | 0      |        |        |
| NUM19   | 61.18182      | 0              | Infty      | <.0001                     | 0       | C1       | 0      |        |        |
| NUM20   | -97.17312     | 49.90127       | -1.95      | 0.0533                     | 0       | C2       | 0      |        |        |
| NUM21   | -22.23080     | 46.82069       | -0.47      | 0.6356                     | 0       | C3       | 0      |        |        |
| NUM22   | -67.52372     | 48.46789       | -1.39      | 0.1655                     | 0       | C4       | 0      |        |        |
| NUM23   | 3.33615       | 48.77564       | 0.07       | 0.9456                     | 0       | C5       | 0      |        |        |
| NUM24   | -136.54224    | 54.24197       | -2.52      | 0.0128                     | 0       | C6       | 0      |        |        |
| NUM25   | -83.86670     | 50.29319       | -1.67      | 0.0974                     | 0       | C7       | 0      |        |        |
| NUM26   | -159.74806    | 51.11277       | -3.13      | 0.0021                     | 0       | C8       | 0      |        |        |
| NUM27   | 3.45761       | 48.72878       | 0.07       | 0.9435                     | 0       | C9       | 0      |        |        |
| NUM28   | 19.53898      | 48.18014       | 0.41       | 0.6856                     | 0       | C10      | 0      |        |        |
| NUM29   | 57.19033      | 46.72070       | 1.22       | 0.2228                     | 0       | C11      | 0      |        |        |
| NUM30   | -35.93262     | 53.82921       | -0.67      | 0.5054                     | 0       | C12      | 0      |        |        |
| Constant Estimate   |               |                |            | 363.9918                   |         |          |        |        |        |
| Variance Estimate   |               |                |            | 9685.406                   |         |          |        |        |        |
| Std Error Estimate  |               |                |            | 98.41446                   |         |          |        |        |        |
| AIC   |               |                |            | 2338.481                   |         |          |        |        |        |
| SBC   |               |                |            | 2452.493                   |         |          |        |        |        |
| Number of Residuals   |               |                |            | 192                        |         |          |        |        |        |
| * AIC and SBC do not include log determinant.   |               |                |            |                            |         |          |        |        |        |
| Autocorrelation Check of Residuals  |               |                |            |                            |         |          |        |        |        |
| To Lag  | Chi-Square    | DF             | Pr > ChiSq | -----Autocorrelations----- |         |          |        |        |        |
| 6   | 5.12          | 2              | 0.0774     | 0.001                      | 0.018   | -0.055   | 0.002  | 0.113  | -0.098 |
| 12  | 13.74         | 8              | 0.0887     | 0.004                      | -0.092  | -0.091   | -0.004 | 0.045  | -0.096 |
| 18  | 17.36         | 14             | 0.1377     | -0.062                     | -0.065  | -0.070   | -0.027 | -0.055 | -0.020 |
| 24  | 21.63         | 20             | 0.3611     | -0.052                     | 0.048   | 0.110    | -0.045 | -0.007 | -0.019 |
| 30  | 22.24         | 26             | 0.6757     | 0.011                      | 0.002   | -0.015   | -0.002 | 0.046  | -0.015 |
| 36  | 25.85         | 32             | 0.7700     | -0.063                     | -0.007  | -0.092   | -0.001 | -0.053 | -0.012 |
| Tests for Normality   |               |                |            |                            |         |          |        |        |        |
| Test  | --Statistic-- |                |            | -----p Value-----          |         |          |        |        |        |
| Kolmogorov-Smirnov  | D             | 0.031181       |            | Pr > D                     | >0.1500 |          |        |        |        |

d. *Output* Program SAS untuk Model ARIMAX setelah eliminasi

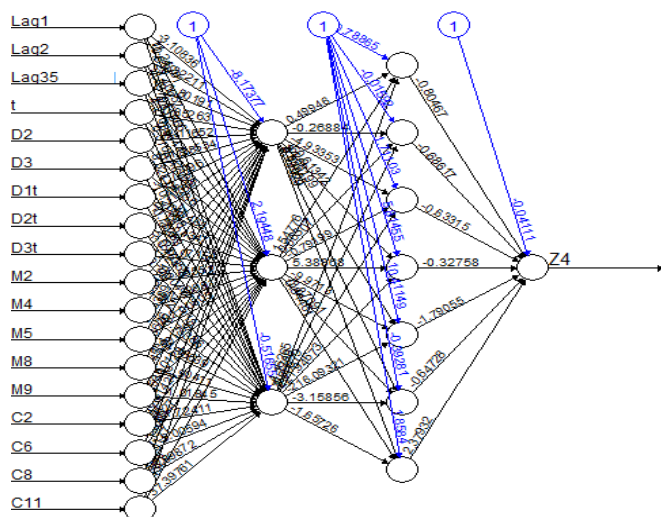
| The ARIMA Procedure                           |               |                |                       |                   |                            |          |        |        |        |
|---|---------------|----------------|-----------------------|-------------------|----------------------------|----------|--------|--------|--------|
| Conditional Least Squares Estimation          |               |                |                       |                   |                            |          |        |        |        |
| Parameter                                     | Estimate      | Error Standard | t Value               | Pr >  t           | Lag                        | Variable | Shift  |        |        |
| MU  | 628.93705     | 40.55491       | 15.51                 | <.0001            | 0                          | y        | 0      |        |        |
| MA1,1   | 0.61679       | 0.24095        | 2.56                  | 0.0113            | 1                          | y        | 0      |        |        |
| AR1,1   | 1.03118       | 0.23311        | 4.42                  | <.0001            | 1                          | y        | 0      |        |        |
| AR1,2   | -0.36375      | 0.09669        | -3.76                 | 0.0002            | 2                          | y        | 0      |        |        |
| AR1,3   | -0.10495      | 0.05955        | -1.76                 | 0.0798            | 35                         | y        | 0      |        |        |
| NUM1  | 9.48172       | 3.06205        | 3.10                  | 0.0023            | 0                          | t        | 0      |        |        |
| NUM2  | -153.46946    | 72.98429       | -2.10                 | 0.0369            | 0                          | D2       | 0      |        |        |
| NUM3  | 758.57910     | 239.56247      | 3.17                  | 0.0018            | 0                          | D3       | 0      |        |        |
| NUM4  | -14.42031     | 2.45241        | -5.80                 | <.0001            | 0                          | D1t      | 0      |        |        |
| NUM5  | -7.04820      | 3.13734        | -2.25                 | 0.0259            | 0                          | D2t      | 0      |        |        |
| NUM6  | -12.67016     | 3.30387        | -3.80                 | 0.0002            | 0                          | D3t      | 0      |        |        |
| NUM7  | -101.18982    | 22.33826       | -4.53                 | <.0001            | 0                          | M2       | 0      |        |        |
| NUM8  | -62.09851     | 24.11981       | -2.57                 | 0.0109            | 0                          | M4       | 0      |        |        |
| NUM9  | -55.99519     | 24.09033       | -2.32                 | 0.0213            | 0                          | M5       | 0      |        |        |
| NUM10   | -45.89735     | 24.22567       | -1.89                 | 0.0598            | 0                          | M8       | 0      |        |        |
| NUM11   | -43.70914     | 24.28166       | -1.80                 | 0.0736            | 0                          | M9       | 0      |        |        |
| NUM12   | -79.89235     | 48.73733       | -1.64                 | 0.1030            | 0                          | C2       | 0      |        |        |
| NUM13   | -123.58662    | 49.76717       | -2.48                 | 0.0140            | 0                          | C6       | 0      |        |        |
| NUM14   | -115.32945    | 43.83826       | -2.63                 | 0.0093            | 0                          | C8       | 0      |        |        |
| NUM15   | 101.30067     | 42.94874       | 2.36                  | 0.0195            | 0                          | C11      | 0      |        |        |
| Constant Estimate                             |               |                |                       | 275.1736          |                            |          |        |        |        |
| Variance Estimate                             |               |                |                       | 9363.833          |                            |          |        |        |        |
| Std Error Estimate                            |               |                |                       | 96.7669           |                            |          |        |        |        |
| AIC   |               |                |                       | 2319.517          |                            |          |        |        |        |
| SBC   |               |                |                       | 2384.667          |                            |          |        |        |        |
| Number of Residuals                           |               |                |                       | 192               |                            |          |        |        |        |
| * AIC and SBC do not include log determinant. |               |                |                       |                   |                            |          |        |        |        |
| Autocorrelation Check of Residuals            |               |                |                       |                   |                            |          |        |        |        |
| To Lag  | Chi-Square    | DF             | ChiSq                 | Pr >              | -----Autocorrelations----- |          |        |        |        |
| 6   | 5.16          | 2              | 0.0758                | 0.007             | 0.005                      | -0.062   | 0.025  | 0.115  | -0.090 |
| 12  | 11.60         | 8              | 0.1701                | 0.072             | -0.062                     | -0.076   | -0.087 | 0.062  | -0.073 |
| 18  | 16.72         | 14             | 0.2715                | -0.041            | -0.074                     | -0.080   | -0.033 | -0.088 | -0.043 |
| 24  | 19.43         | 20             | 0.4941                | -0.066            | 0.019                      | 0.069    | -0.056 | 0.001  | -0.004 |
| 30  | 19.92         | 26             | 0.7952                | 0.012             | 0.014                      | 0.003    | -0.006 | 0.034  | -0.024 |
| 36  | 22.96         | 32             | 0.8794                | -0.038            | -0.012                     | -0.097   | -0.005 | -0.041 | 0.013  |
| Forecasts for variable y                      |               |                |                       |                   |                            |          |        |        |        |
| Obs   | Forecast      | Std Error      | 95% Confidence Limits |                   |                            |          |        |        |        |
| 193   | 764.7089      | 96.7669        | 575.0493              | 954.3686          |                            |          |        |        |        |
| 194   | 605.3061      | 104.7463       | 400.0071              | 810.6052          |                            |          |        |        |        |
| 195   | 685.9372      | 104.9268       | 480.2846              | 891.5899          |                            |          |        |        |        |
| 196   | 637.6475      | 105.2501       | 431.3611              | 843.9340          |                            |          |        |        |        |
| 197   | 662.8136      | 105.7965       | 455.4563              | 870.1709          |                            |          |        |        |        |
| 198   | 730.1588      | 106.1042       | 522.1985              | 938.1192          |                            |          |        |        |        |
| 199   | 727.5623      | 106.1962       | 519.4216              | 935.7030          |                            |          |        |        |        |
| 200   | 680.8300      | 106.2086       | 472.6651              | 888.9950          |                            |          |        |        |        |
| 201   | 694.3751      | 106.2086       | 486.2101              | 902.5401          |                            |          |        |        |        |
| 202   | 743.2465      | 106.2099       | 535.0790              | 951.4140          |                            |          |        |        |        |
| 203   | 745.5625      | 106.2114       | 537.3920              | 953.7329          |                            |          |        |        |        |
| 204   | 756.4321      | 106.2121       | 548.2603              | 964.6040          |                            |          |        |        |        |
| Tests for Normality                           |               |                |                       |                   |                            |          |        |        |        |
| Test  | --Statistic-- |                |                       | -----p Value----- |                            |          |        |        |        |
| Kolmogorov-Smirnov                            | D             | 0.037616       |                       | Pr > D            | >0.1500                    |          |        |        |        |

## e. Arsitektur Model FFNN (18,8,1)

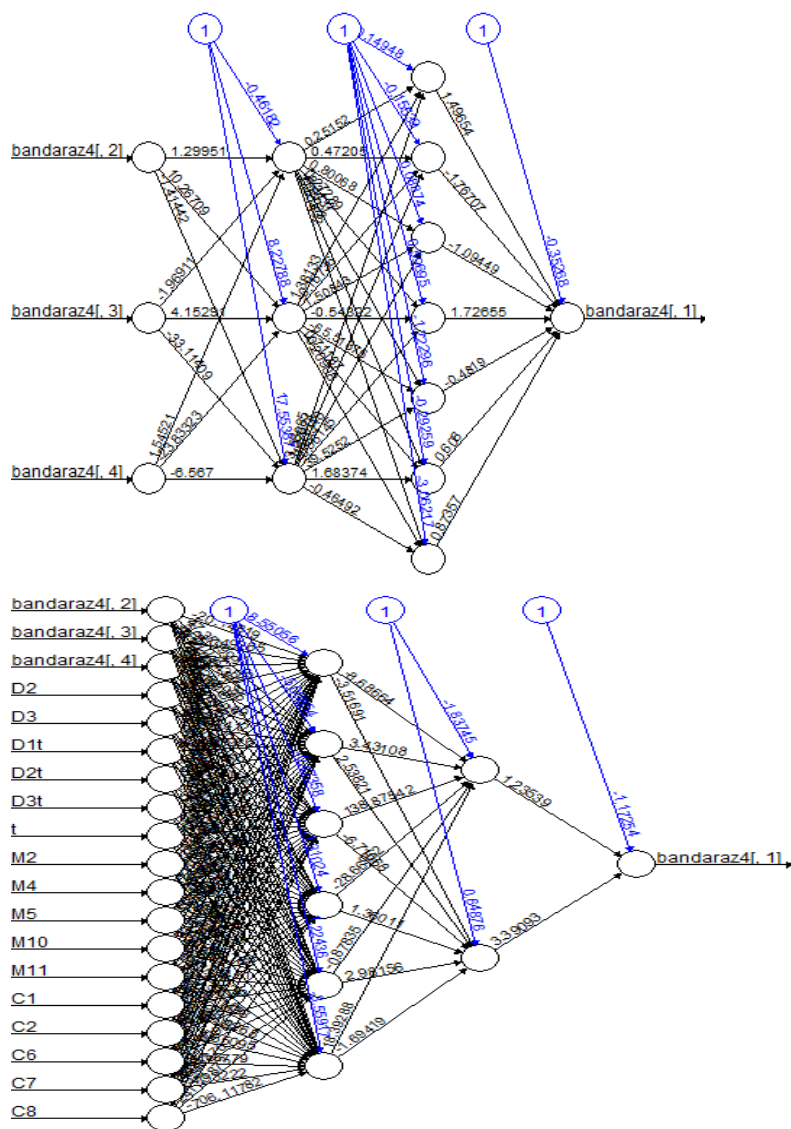
f. Arsitektur Model *hybrid* ARIMAX-FFNN (3,9,1) dan *hybrid* ARIMAX-FFNN (18,3,1)



g. Arsitektur Model DLNN (18,3,7,1)

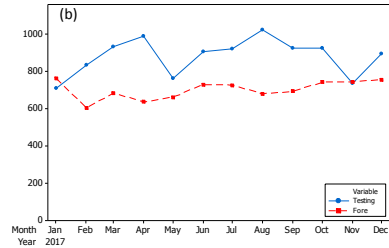
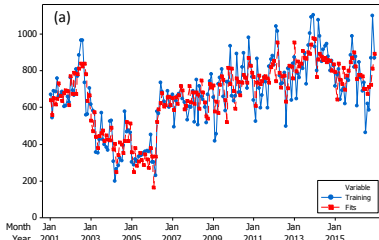


h. Arsitektur Model hybrid ARIMAX-DLNN (3,3,7,1) dan *hybrid ARIMAX-DLNN (18,6,2,1)*

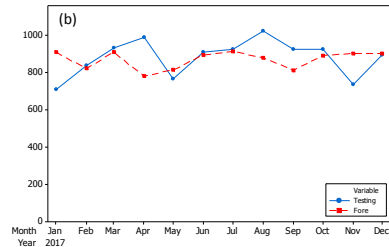
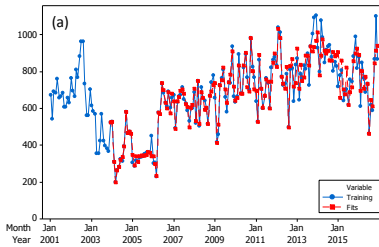


i. Perbandingan Data *Training* dan Nilai *Fits* (a) serta Data *Testing* dan Ramalan Pada 5 Model

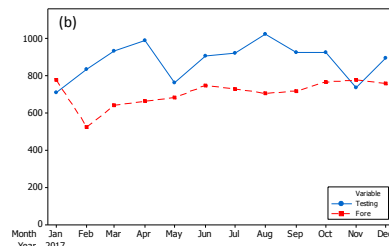
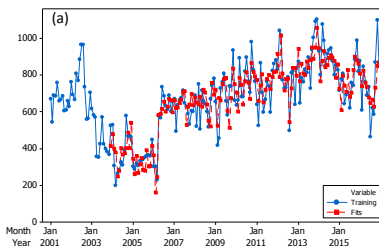
1. Model ARIMAX ([1,2,35],0,1)



2. Model FFNN (18,8,1)

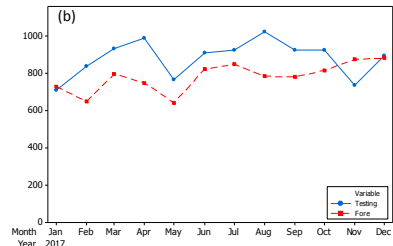
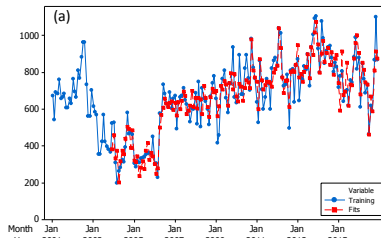


3. Model *hybrid* ARIMAX-FFNN (3,9,1)

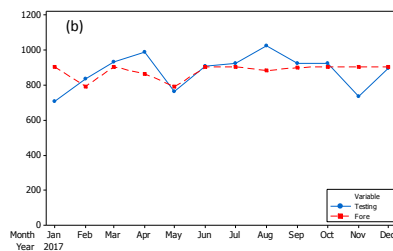
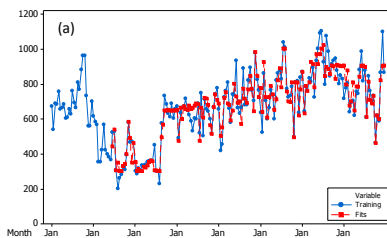


4. Model *hybrid* ARIMAX-FFNN (18,3,1)

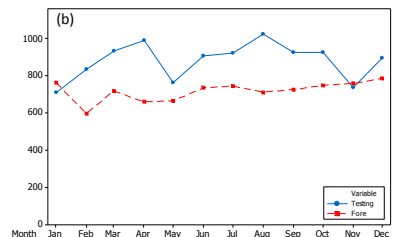
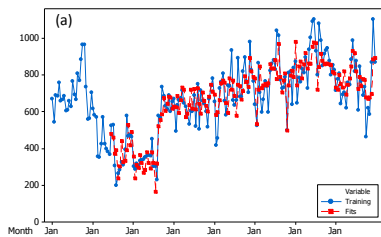




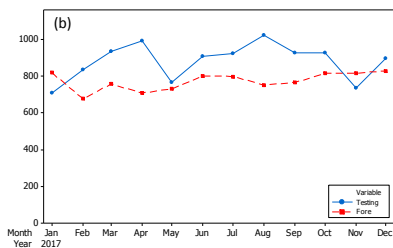
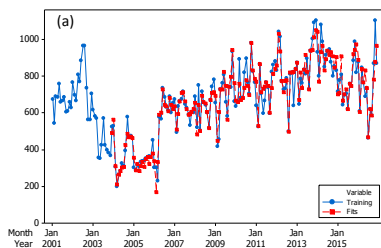
5. Model DLNN (18,3,7,1)



6. Model *hybrid* ARIMAX-DLNN (3,3,7,1)



7. Model *hybrid* ARIMAX-DLNN (18,6,2,1)



## Lampiran 8. Pemodelan Jumlah Penumpang Keberangkatan Dalam Negeri di Pelabuhan Tanjung Perak

### a. Regresi *Time Series*

#### Regression Analysis: Z5 versus t, M-1, ...

The regression equation is

$$\begin{aligned} Z5 = & 44975 - 202 \text{ t} - 601 \text{ M-1} - 7555 \text{ M-2} - 6499 \text{ M-3} - 5727 \text{ M-4} - 5777 \text{ M-5} - \\ & 827 \text{ M-6} + 9574 \text{ M-7} - 2059 \text{ M-8} + 2549 \text{ M-9} + 6220 \text{ M-10} + 547 \text{ M-11} - 6793 \\ & L1(t-1) - 10296 L2(t-1) - 7302 L3(t-1) - 6118 L4(t-1) + 70220 L1(t) + \\ & 35028 L2(t) + 19409 L3(t) - 7284 L4(t) + 19023 L1(t+1) + 27171 L2(t+1) \\ & + 54467 L3(t+1) + 72086 L4(t+1) \end{aligned}$$

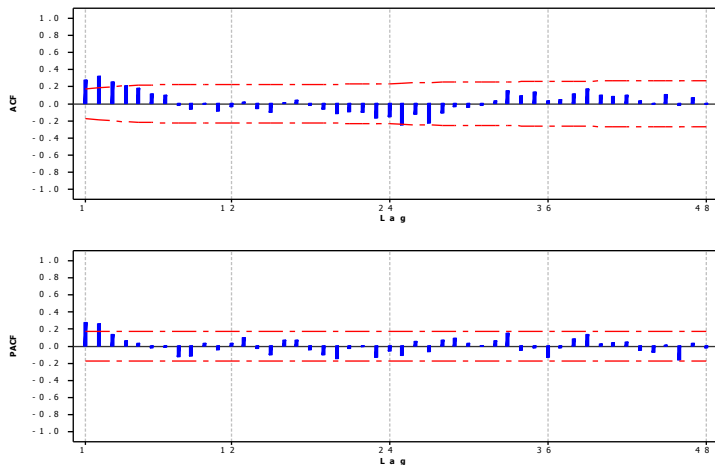
| Predictor | Coef    | SE Coef | T      | P     |
|-----------|---------|---------|--------|-------|
| Constant  | 44975   | 2463    | 18.26  | 0.000 |
| t         | -201.65 | 16.57   | -12.17 | 0.000 |
| M-1       | -601    | 3053    | -0.20  | 0.844 |
| M-2       | -7555   | 3052    | -2.48  | 0.015 |
| M-3       | -6499   | 3051    | -2.13  | 0.035 |
| M-4       | -5727   | 3050    | -1.88  | 0.063 |
| M-5       | -5777   | 3049    | -1.89  | 0.061 |
| M-6       | -827    | 3158    | -0.26  | 0.794 |
| M-7       | 9574    | 3304    | 2.90   | 0.005 |
| M-8       | -2059   | 3429    | -0.60  | 0.549 |
| M-9       | 2549    | 3421    | 0.75   | 0.458 |
| M-10      | 6220    | 3249    | 1.91   | 0.058 |
| M-11      | 547     | 3156    | 0.17   | 0.863 |
| L1(t-1)   | -6793   | 5389    | -1.26  | 0.210 |
| L2(t-1)   | -10296  | 4511    | -2.28  | 0.024 |
| L3(t-1)   | -7302   | 4439    | -1.64  | 0.103 |
| L4(t-1)   | -6118   | 4436    | -1.38  | 0.171 |
| L1(t)     | 70220   | 5390    | 13.03  | 0.000 |
| L2(t)     | 35028   | 4496    | 7.79   | 0.000 |
| L3(t)     | 19409   | 4511    | 4.30   | 0.000 |
| L4(t)     | -7284   | 4466    | -1.63  | 0.106 |
| L1(t+1)   | 19023   | 5391    | 3.53   | 0.001 |
| L2(t+1)   | 27171   | 4425    | 6.14   | 0.000 |
| L3(t+1)   | 54467   | 4495    | 12.12  | 0.000 |
| L4(t+1)   | 72086   | 4466    | 16.14  | 0.000 |

S = 7146.48    R-Sq = 90.7%    R-Sq(adj) = 88.7%

#### Analysis of Variance

| Source         | DF  | SS          | MS         | F     | P     |
|----------------|-----|-------------|------------|-------|-------|
| Regression     | 24  | 53541480771 | 2230895032 | 43.68 | 0.000 |
| Residual Error | 107 | 5464728199  | 51072226   |       |       |
| Total          | 131 | 59006208970 |            |       |       |

b. *Plot ACF dan PACF Residual Regresi Time Series*



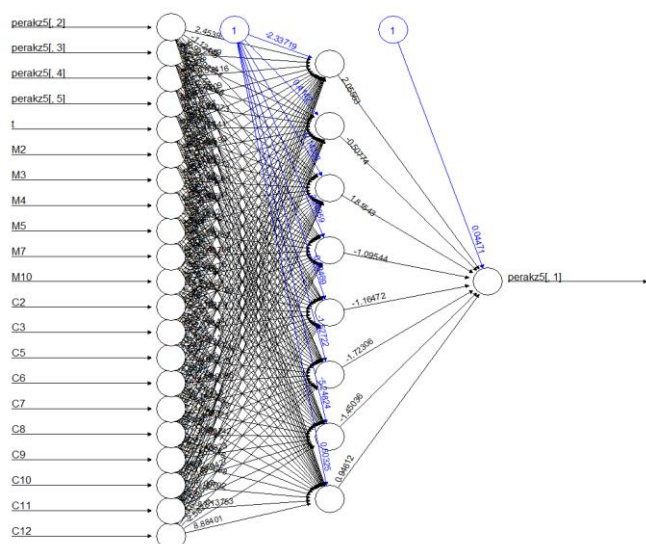
c. *Output Program SAS untuk Model ARIMAX*

| The ARIMA Procedure                           |               |                |            |                            |         |          |        |        |        |
|---|---------------|----------------|------------|----------------------------|---------|----------|--------|--------|--------|
| Conditional Least Squares Estimation          |               |                |            |                            |         |          |        |        |        |
| Parameter                                     | Estimate      | Standard Error | t Value    | Pr >  t                    | Lag     | Variable | Shift  |        |        |
| MU  | 44954.4       | 2916.5         | 15.41      | <.0001                     | 0       | y        | 0      |        |        |
| AR1,1   | 0.19372       | 0.09441        | 2.05       | 0.0427                     | 1       | y        | 0      |        |        |
| AR1,2   | 0.31197       | 0.09512        | 3.28       | 0.0014                     | 2       | y        | 0      |        |        |
| AR1,3   | -0.16671      | 0.10607        | -1.57      | 0.1191                     | 15      | y        | 0      |        |        |
| AR1,4   | 0.15207       | 0.10426        | 1.46       | 0.1478                     | 17      | y        | 0      |        |        |
| NUM1  | -202.65801    | 28.42273       | -7.13      | <.0001                     | 0       | t        | 0      |        |        |
| NUM2  | -430.37169    | 2705.2         | -0.16      | 0.8739                     | 0       | M1       | 0      |        |        |
| NUM3  | -7520.6       | 2552.0         | -2.95      | 0.0040                     | 0       | M2       | 0      |        |        |
| NUM4  | -6331.1       | 2996.2         | -2.11      | 0.0370                     | 0       | M3       | 0      |        |        |
| NUM5  | -5767.4       | 2898.3         | -1.99      | 0.0493                     | 0       | M4       | 0      |        |        |
| NUM6  | -5552.2       | 2792.5         | -1.99      | 0.0494                     | 0       | M5       | 0      |        |        |
| NUM7  | -499.93161    | 2930.3         | -0.17      | 0.8649                     | 0       | M6       | 0      |        |        |
| NUM8  | 9844.0        | 2986.2         | 3.30       | 0.0013                     | 0       | M7       | 0      |        |        |
| NUM9  | -1339.8       | 3203.7         | -0.42      | 0.6767                     | 0       | M8       | 0      |        |        |
| NUM10   | 2763.8        | 3309.1         | 0.84       | 0.4055                     | 0       | M9       | 0      |        |        |
| NUM11   | 6782.5        | 2678.3         | 2.53       | 0.0128                     | 0       | M10      | 0      |        |        |
| NUM12   | 1070.7        | 2769.3         | 0.39       | 0.6998                     | 0       | M11      | 0      |        |        |
| NUM13   | -7322.5       | 4828.2         | -1.52      | 0.1324                     | 0       | C1       | 0      |        |        |
| NUM14   | -9992.4       | 3984.7         | -2.51      | 0.0137                     | 0       | C2       | 0      |        |        |
| NUM15   | -7740.4       | 4026.8         | -1.92      | 0.0573                     | 0       | C3       | 0      |        |        |
| NUM16   | -6228.6       | 3954.7         | -1.58      | 0.1183                     | 0       | C4       | 0      |        |        |
| NUM17   | 70114.5       | 4668.1         | 15.02      | <.0001                     | 0       | C5       | 0      |        |        |
| NUM18   | 37385.9       | 3799.1         | 9.84       | <.0001                     | 0       | C6       | 0      |        |        |
| NUM19   | 19854.5       | 3826.1         | 5.19       | <.0001                     | 0       | C7       | 0      |        |        |
| NUM20   | -10034.0      | 3766.6         | -2.66      | 0.0090                     | 0       | C8       | 0      |        |        |
| NUM21   | 18266.2       | 4866.0         | 3.75       | 0.0003                     | 0       | C9       | 0      |        |        |
| NUM22   | 26456.9       | 3983.4         | 6.64       | <.0001                     | 0       | C10      | 0      |        |        |
| NUM23   | 52268.6       | 4032.2         | 12.96      | <.0001                     | 0       | C11      | 0      |        |        |
| NUM24   | 68735.9       | 3939.7         | 17.45      | <.0001                     | 0       | C12      | 0      |        |        |
| Constant Estimate                             |               |                |            | 22879.79                   |         |          |        |        |        |
| Variance Estimate                             |               |                |            | 43477947                   |         |          |        |        |        |
| Std Error Estimate                            |               |                |            | 6593.781                   |         |          |        |        |        |
| AIC   |               |                |            | 2721.439                   |         |          |        |        |        |
| SBC   |               |                |            | 2805.04                    |         |          |        |        |        |
| Number of Residuals                           |               |                |            | 132                        |         |          |        |        |        |
| * AIC and SBC do not include log determinant. |               |                |            |                            |         |          |        |        |        |
| Autocorrelation Check of Residuals            |               |                |            |                            |         |          |        |        |        |
| To  | Chi-Square    | DF             | Pr > ChiSq | -----Autocorrelations----- |         |          |        |        |        |
| Lag   |               |                |            |                            |         |          |        |        |        |
| 6   | 2.25          | 2              | 0.3252     | -0.017                     | -0.019  | 0.085    | 0.021  | 0.070  | 0.055  |
| 12  | 5.75          | 8              | 0.6755     | 0.056                      | -0.052  | -0.114   | 0.001  | -0.073 | -0.005 |
| 18  | 7.97          | 14             | 0.8909     | 0.069                      | -0.046  | -0.026   | 0.042  | 0.050  | 0.054  |
| 24  | 11.60         | 20             | 0.9291     | -0.053                     | -0.092  | 0.001    | -0.045 | -0.086 | -0.045 |
| Tests for Normality                           |               |                |            |                            |         |          |        |        |        |
| Test  | --Statistic-- |                |            | -----p Value-----          |         |          |        |        |        |
| Kolmogorov-Smirnov                            | D             | 0.054684       |            | Pr > D                     | >0.1500 |          |        |        |        |

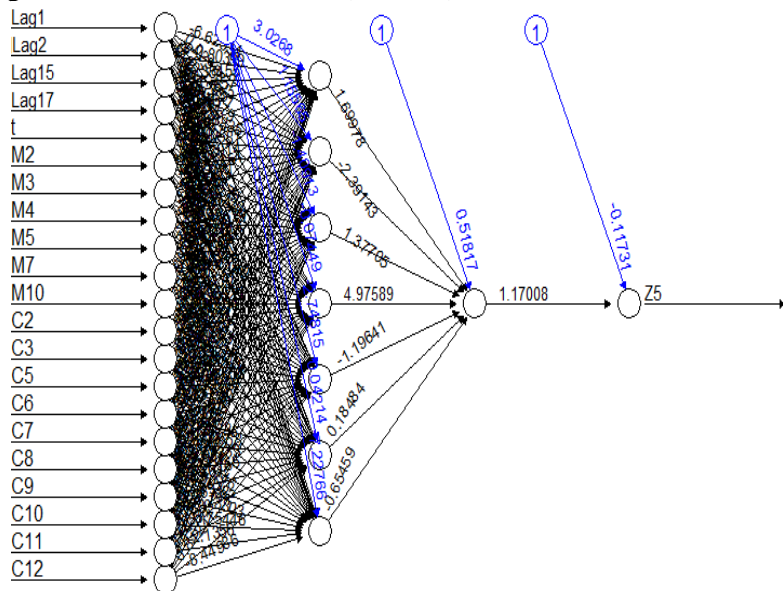
d. *Output* Program SAS untuk Model ARIMAX setelah eliminasi

| The ARIMA Procedure                           |            |           |                       |             |                            |          |        |        |       |
|---|------------|-----------|-----------------------|-------------|----------------------------|----------|--------|--------|-------|
| Conditional Least Squares Estimation          |            |           |                       |             |                            |          |        |        |       |
| Parameter                                     | Estimate   | Error     | t Value               | Pr >  t     | Lag                        | Variable | Shift  |        |       |
| MU  | 44461.5    | 2231.7    | 19.92                 | <.0001      | 0                          | y        | 0      |        |       |
| AR1,1   | 0.17040    | 0.09245   | 1.84                  | 0.0680      | 1                          | y        | 0      |        |       |
| AR1,2   | 0.31271    | 0.09296   | 3.36                  | 0.0011      | 2                          | y        | 0      |        |       |
| AR1,3   | -0.17461   | 0.10230   | -1.71                 | 0.0907      | 15                         | y        | 0      |        |       |
| AR1,4   | -0.17261   | 0.09937   | -1.74                 | 0.0852      | 17                         | y        | 0      |        |       |
| NUM1  | -201.22122 | 27.44938  | -7.33                 | <.0001      | 0                          | t        | 0      |        |       |
| NUM2  | -7243.5    | 2074.7    | -3.49                 | 0.0007      | 0                          | M2       | 0      |        |       |
| NUM3  | -5920.1    | 2175.2    | -2.72                 | 0.0076      | 0                          | M3       | 0      |        |       |
| NUM4  | -5420.2    | 2128.9    | -2.55                 | 0.0123      | 0                          | M4       | 0      |        |       |
| NUM5  | -5253.4    | 2189.4    | -2.40                 | 0.0181      | 0                          | M5       | 0      |        |       |
| NUM6  | 9295.1     | 2092.7    | 4.44                  | <.0001      | 0                          | M7       | 0      |        |       |
| NUM7  | 6869.0     | 2053.5    | 3.34                  | 0.0011      | 0                          | M10      | 0      |        |       |
| NUM8  | -9043.9    | 3766.4    | -2.40                 | 0.0180      | 0                          | C2       | 0      |        |       |
| NUM9  | -7709.7    | 3841.5    | -2.01                 | 0.0472      | 0                          | C3       | 0      |        |       |
| NUM10   | 71132.8    | 4628.7    | 15.37                 | <.0001      | 0                          | C5       | 0      |        |       |
| NUM11   | 38161.5    | 3613.0    | 10.56                 | <.0001      | 0                          | C6       | 0      |        |       |
| NUM12   | 20601.9    | 3627.4    | 5.68                  | <.0001      | 0                          | C7       | 0      |        |       |
| NUM13   | -9516.9    | 3628.6    | -2.62                 | 0.0100      | 0                          | C8       | 0      |        |       |
| NUM14   | 19757.8    | 4422.3    | 4.47                  | <.0001      | 0                          | C9       | 0      |        |       |
| NUM15   | 27629.1    | 3819.1    | 7.23                  | <.0001      | 0                          | C10      | 0      |        |       |
| NUM16   | 52832.6    | 3847.7    | 13.73                 | <.0001      | 0                          | C11      | 0      |        |       |
| NUM17   | 71252.1    | 3584.9    | 19.88                 | <.0001      | 0                          | C12      | 0      |        |       |
| Constant Estimate                             |            |           |                       |             | 23070.54                   |          |        |        |       |
| Variance Estimate                             |            |           |                       |             | 43850344                   |          |        |        |       |
| Std Error Estimate                            |            |           |                       |             | 6561.276                   |          |        |        |       |
| AIC   |            |           |                       |             | 2714.814                   |          |        |        |       |
| SBC   |            |           |                       |             | 2778.235                   |          |        |        |       |
| Number of Residuals                           |            |           |                       |             | 132                        |          |        |        |       |
| * AIC and SBC do not include log determinant. |            |           |                       |             |                            |          |        |        |       |
| Autocorrelation Check of Residuals            |            |           |                       |             |                            |          |        |        |       |
| To  | Chi-Square | DF        | Pr >                  | ChiSq       | -----Autocorrelations----- |          |        |        |       |
| Lag   |            |           |                       |             |                            |          |        |        |       |
| 6   | 2.19       | 2         | 0.3353                | -0.014      | -0.005                     | 0.060    | 0.013  | 0.092  | 0.057 |
| 12  | 5.77       | 8         | 0.6725                | 0.046       | -0.027                     | -0.112   | 0.010  | -0.089 | 0.039 |
| 18  | 8.90       | 14        | 0.8094                | 0.063       | -0.062                     | -0.022   | 0.025  | 0.044  | 0.062 |
| 24  | 12.21      | 20        | 0.9085                | -0.083      | -0.076                     | -0.014   | -0.059 | -0.100 | 0.003 |
| Forecasts for variable y                      |            |           |                       |             |                            |          |        |        |       |
| Obs   | Forecast   | Std Error | 95% Confidence Limits |             |                            |          |        |        |       |
| 133   | 17439.2455 | 6561.2761 | 4579.3087             | 30299.1103  |                            |          |        |        |       |
| 134   | 11076.8623 | 6655.8484 | -1968.3608            | 24122.0854  |                            |          |        |        |       |
| 135   | 11253.9038 | 7023.4093 | -2511.7255            | 25019.5331  |                            |          |        |        |       |
| 136   | 10932.5759 | 7061.4213 | -2907.5555            | 24772.7072  |                            |          |        |        |       |
| 137   | 10977.3157 | 7109.5536 | -2957.1533            | 24911.7847  |                            |          |        |        |       |
| 138   | 7991.9930  | 7119.1512 | -5961.2870            | 21945.2730  |                            |          |        |        |       |
| 139   | 97723.1499 | 7126.3950 | 83755.6724            | 111690.6274 |                            |          |        |        |       |
| 140   | 16493.9175 | 7128.4295 | 2522.4524             | 30465.3826  |                            |          |        |        |       |
| 141   | 16281.8912 | 7129.6052 | 2308.1218             | 30255.6606  |                            |          |        |        |       |
| 142   | 25740.1907 | 7130.0030 | 11765.6416            | 39714.7398  |                            |          |        |        |       |
| 143   | 15491.0349 | 7130.2024 | 1516.0950             | 29465.9748  |                            |          |        |        |       |
| 144   | 13591.6465 | 7130.2771 | -383.4398             | 27566.7328  |                            |          |        |        |       |
| Tests for Normality                           |            |           |                       |             |                            |          |        |        |       |
| --Statistic--                                 |            |           |                       |             | -----p Value-----          |          |        |        |       |
| Kolmogorov-Smirnov                            | D          | 0.055617  | Pr > D                | >0.1500     |                            |          |        |        |       |

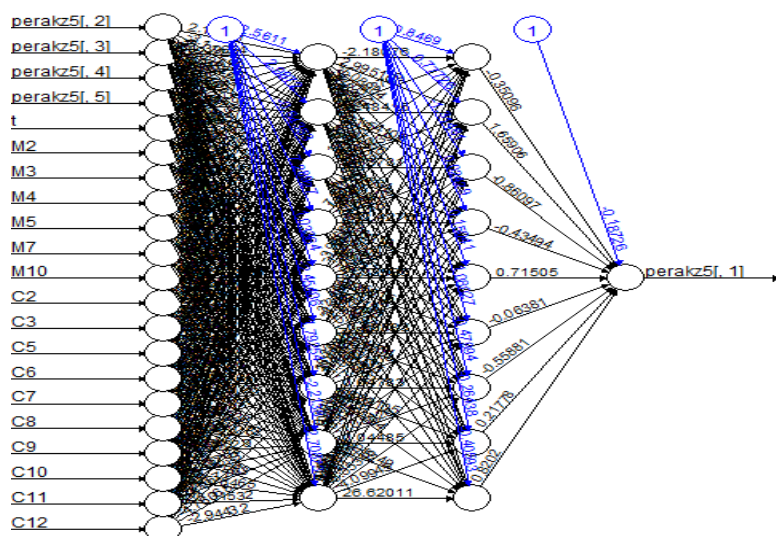
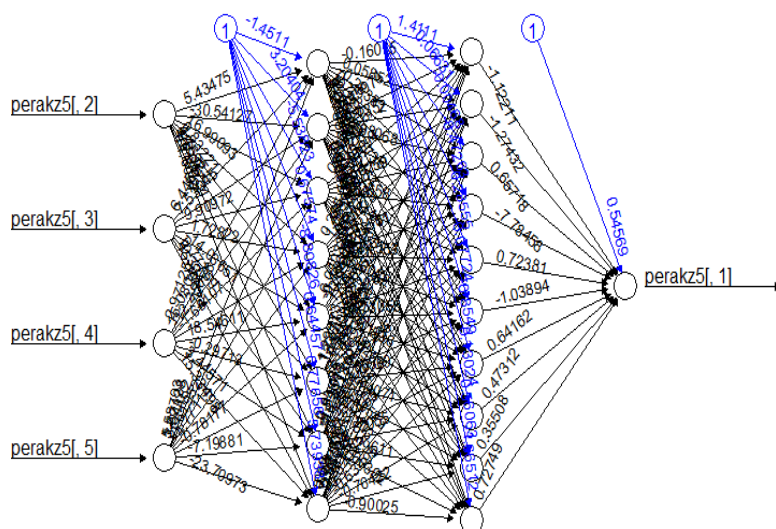




g. Arsitektur Model DLNN (21,7,1,1)

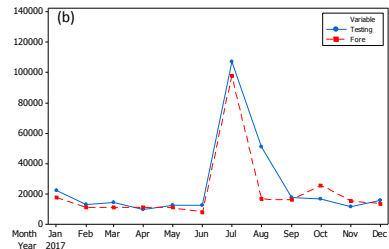
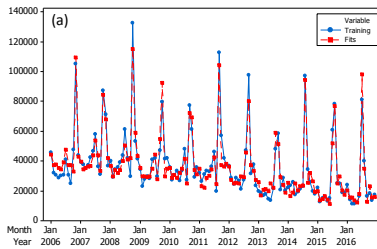


h. Arsitektur Model hybrid ARIMAX-DLNN (4,8,10,1) dan *hybrid ARIMAX-DLNN* (21,9,9,1)

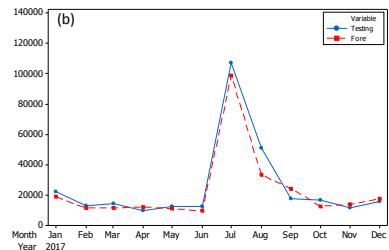
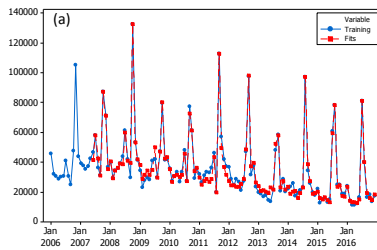


## i. Perbandingan Data *Training* dan Nilai *Fits* (a) serta Data *Testing* dan Ramalan Pada 5 Model

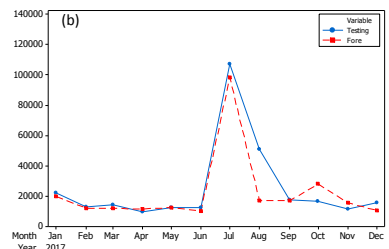
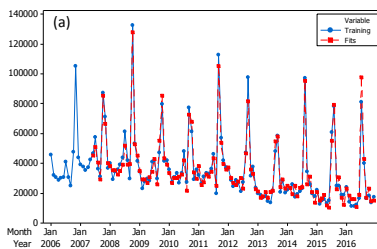
### 1. Model ARIMAX ([1,2,15,17],0,0)



### 2. Model FFNN (21,4,1)

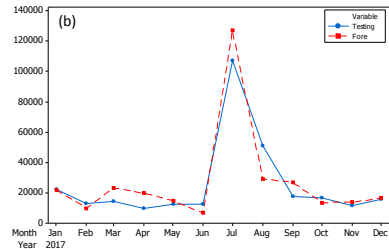
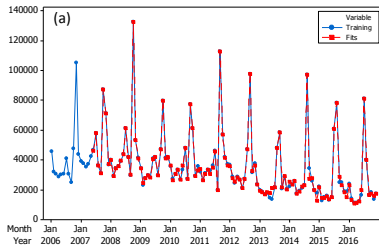


### 3. Model *hybrid* ARIMAX-FFNN (4,10,1)

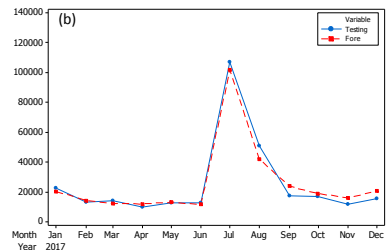
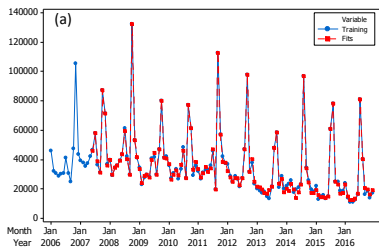


### 4. Model *hybrid* ARIMAX-FFNN (21,8,1)

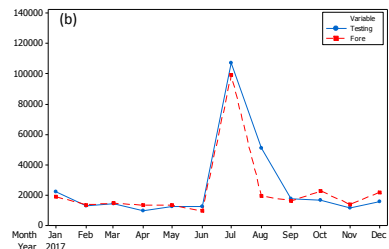
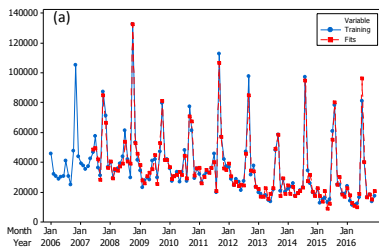




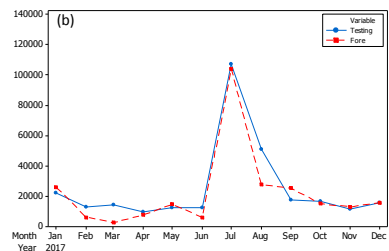
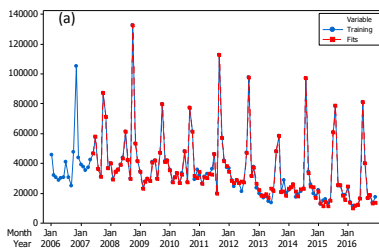
### 5. Model DLNN (21,7,1,1)



### 6. Model *hybrid* ARIMAX-DLNN (4,8,10,1)



### 7. Model *hybrid* ARIMAX-DLNN (21,9,9,1)



## Lampiran 9. Pemodelan Jumlah Penumpang Kedatangan Dalam Negeri di Pelabuhan Tanjung Perak

### a. Regresi *Time Series*

#### Regression Analysis: Z6 versus t, M-1, ...

The regression equation is

$$\begin{aligned} Z6 = & 44407 - 154 t - 7410 M-1 - 12350 M-2 - 8922 M-3 - 9737 M-4 - 6491 M-5 - 349 M-6 + 9846 \\ & M-7 + 957 M-8 - 23 M-9 - 2688 M-10 - 6518 M-11 + 36760 L1(t-1) + 18458 L2(t-1) + \\ & 10973 L3(t-1) + 8805 L4(t-1) + 18036 L1(t) + 35273 L2(t) + 47959 L3(t) + 48337 L4(t) \\ & - 2863 L1(t+1) - 8351 L2(t+1) - 381 L3(t+1) + 5963 L4(t+1) \end{aligned}$$

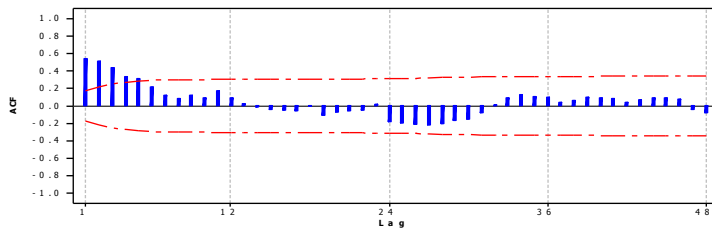
| Predictor | Coef    | SE Coef | T     | P     |
|-----------|---------|---------|-------|-------|
| Constant  | 44407   | 2563    | 17.33 | 0.000 |
| t         | -153.62 | 17.24   | -8.91 | 0.000 |
| M-1       | -7410   | 3176    | -2.33 | 0.022 |
| M-2       | -12350  | 3175    | -3.89 | 0.000 |
| M-3       | -8922   | 3174    | -2.81 | 0.006 |
| M-4       | -9737   | 3174    | -3.07 | 0.003 |
| M-5       | -6491   | 3173    | -2.05 | 0.043 |
| M-6       | -349    | 3286    | -0.11 | 0.916 |
| M-7       | 9846    | 3438    | 2.86  | 0.005 |
| M-8       | 957     | 3568    | 0.27  | 0.789 |
| M-9       | -23     | 3559    | -0.01 | 0.995 |
| M-10      | -2688   | 3380    | -0.80 | 0.428 |
| M-11      | -6518   | 3284    | -1.98 | 0.050 |
| L1(t-1)   | 36760   | 5607    | 6.56  | 0.000 |
| L2(t-1)   | 18458   | 4693    | 3.93  | 0.000 |
| L3(t-1)   | 10973   | 4619    | 2.38  | 0.019 |
| L4(t-1)   | 8805    | 4616    | 1.91  | 0.059 |
| L1(t)     | 18036   | 5608    | 3.22  | 0.002 |
| L2(t)     | 35273   | 4678    | 7.54  | 0.000 |
| L3(t)     | 47959   | 4693    | 10.22 | 0.000 |
| L4(t)     | 48337   | 4647    | 10.40 | 0.000 |
| L1(t+1)   | -2863   | 5610    | -0.51 | 0.611 |
| L2(t+1)   | -8351   | 4605    | -1.81 | 0.073 |
| L3(t+1)   | -381    | 4677    | -0.08 | 0.935 |
| L4(t+1)   | 5963    | 4647    | 1.28  | 0.202 |

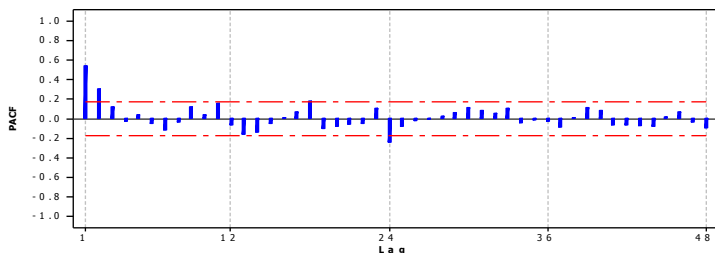
S = 7435.88 R-Sq = 85.8% R-Sq(adj) = 82.6%

#### Analysis of Variance

| Source         | DF  | SS          | MS         | F     | P     |
|----------------|-----|-------------|------------|-------|-------|
| Regression     | 24  | 35684005560 | 1486833565 | 26.89 | 0.000 |
| Residual Error | 107 | 5916276079  | 55292300   |       |       |
| Total          | 131 | 41600281640 |            |       |       |

### b. Plot ACF dan PACF Residual Regresi *Time Series*





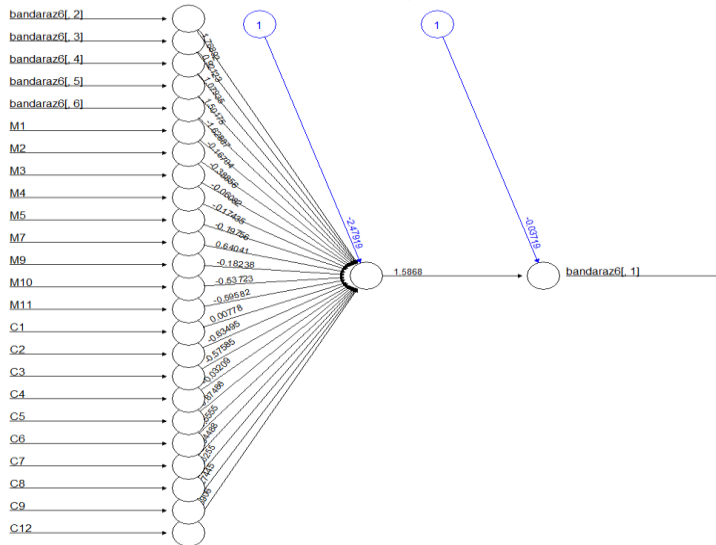
### c. Output Program SAS untuk Model ARIMAX

| The ARIMA Procedure                |               |                |                   |                            |        |          |        |
|------------------------------------|---------------|----------------|-------------------|----------------------------|--------|----------|--------|
| Maximum Likelihood Estimation      |               |                |                   |                            |        |          |        |
| Parameter                          | Estimate      | Standard Error | t Value           | Pr >  t                    | Lag    | Variable | Shift  |
| MU                                 | 42966.8       | 4845.4         | 8.87              | <.0001                     | 0      | y        | 0      |
| MA1,1                              | -0.46101      | 0.09187        | -5.02             | <.0001                     | 2      | y        | 0      |
| AR1,1                              | 0.49397       | 0.06585        | 7.50              | <.0001                     | 1      | y        | 0      |
| AR1,2                              | 0.15719       | 0.06073        | 2.59              | 0.0096                     | 3      | y        | 0      |
| AR1,3                              | 0.21185       | 0.07057        | 3.00              | 0.0027                     | 11     | y        | 0      |
| AR1,4                              | 0.47585       | 0.08897        | 5.34              | <.0001                     | 23     | y        | 0      |
| AR1,5                              | -0.56050      | 0.08735        | -6.42             | <.0001                     | 24     | y        | 0      |
| NUM1                               | -149.14227    | 61.57655       | -2.42             | 0.0154                     | 0      | t        | 0      |
| NUM2                               | -7327.3       | 1166.5         | -6.28             | <.0001                     | 0      | M1       | 0      |
| NUM3                               | -12610.7      | 1629.8         | -7.74             | <.0001                     | 0      | M2       | 0      |
| NUM4                               | -9848.1       | 2094.0         | -4.32             | <.0001                     | 0      | M3       | 0      |
| NUM5                               | -9769.3       | 2407.4         | -4.06             | <.0001                     | 0      | M4       | 0      |
| NUM6                               | -7316.6       | 2574.5         | -2.84             | 0.0045                     | 0      | M5       | 0      |
| NUM7                               | 1086.9        | 2633.6         | 0.41              | 0.6798                     | 0      | M6       | 0      |
| NUM8                               | 10926.7       | 2622.6         | 4.17              | <.0001                     | 0      | M7       | 0      |
| NUM9                               | 7.98342       | 2560.9         | 0.00              | 0.9975                     | 0      | M8       | 0      |
| NUM10                              | -2177.8       | 2299.2         | -0.95             | 0.3435                     | 0      | M9       | 0      |
| NUM11                              | -4292.1       | 1690.2         | -2.54             | 0.0111                     | 0      | M10      | 0      |
| NUM12                              | -6896.8       | 1200.4         | -5.75             | <.0001                     | 0      | M11      | 0      |
| NUM13                              | 35013.9       | 3229.8         | 10.84             | <.0001                     | 0      | C1       | 0      |
| NUM14                              | 16254.4       | 2527.4         | 6.43              | <.0001                     | 0      | C2       | 0      |
| NUM15                              | 5542.7        | 2493.6         | 2.22              | 0.0262                     | 0      | C3       | 0      |
| NUM16                              | 7923.3        | 2309.7         | 3.43              | 0.0006                     | 0      | C4       | 0      |
| NUM17                              | 12468.0       | 2963.3         | 4.21              | <.0001                     | 0      | C5       | 0      |
| NUM18                              | 42925.6       | 2562.5         | 16.75             | <.0001                     | 0      | C6       | 0      |
| NUM19                              | 50016.8       | 2635.5         | 18.98             | <.0001                     | 0      | C7       | 0      |
| NUM20                              | 50304.5       | 2454.3         | 20.50             | <.0001                     | 0      | C8       | 0      |
| NUM21                              | -6374.9       | 2897.5         | -2.20             | 0.0278                     | 0      | C9       | 0      |
| NUM22                              | -1521.3       | 2529.1         | -0.60             | 0.5475                     | 0      | C10      | 0      |
| NUM23                              | 346.53188     | 2601.8         | 0.13              | 0.8940                     | 0      | C11      | 0      |
| NUM24                              | 11308.3       | 2560.6         | 4.42              | <.0001                     | 0      | C12      | 0      |
| Constant Estimate                  |               |                |                   | 9557.623                   |        |          |        |
| Variance Estimate                  |               |                |                   | 20338327                   |        |          |        |
| Std Error Estimate                 |               |                |                   | 4509.803                   |        |          |        |
| AIC                                |               |                |                   | 2638.329                   |        |          |        |
| SBC                                |               |                |                   | 2727.696                   |        |          |        |
| Number of Residuals                |               |                |                   | 132                        |        |          |        |
| Autocorrelation Check of Residuals |               |                |                   |                            |        |          |        |
| To Lag                             | Chi-Square    | DF             | Pr > ChiSq        | -----Autocorrelations----- |        |          |        |
| 6                                  | .             | 0              | -0.073            | 0.014                      | 0.107  | 0.051    | 0.115  |
| 12                                 | 7.46          | 6              | 0.2803            | -0.001                     | -0.023 | 0.014    | -0.087 |
| 18                                 | 12.41         | 12             | 0.4134            | -0.037                     | -0.018 | 0.013    | -0.112 |
| 24                                 | 19.55         | 18             | 0.3584            | -0.084                     | -0.123 | -0.127   | 0.047  |
| Tests for Normality                |               |                |                   |                            |        |          |        |
| Test                               | --Statistic-- |                | -----p Value----- |                            |        |          |        |
| Kolmogorov-Smirnov                 | D             | 0.047755       | Pr > D            | >0.1500                    |        |          |        |

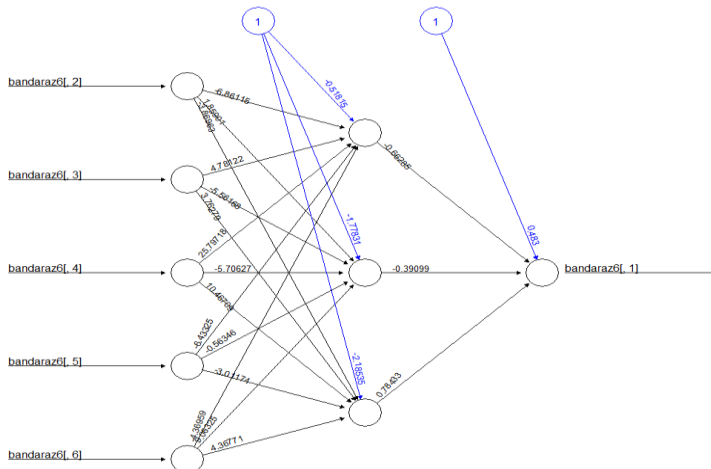
d. *Output* Program SAS untuk Model ARIMAX setelah dilakukan eliminasi

| The ARIMA Procedure                |                     |           |                       |                            |                   |        |          |        |        |
|------------------------------------|---------------------|-----------|-----------------------|----------------------------|-------------------|--------|----------|--------|--------|
| Maximum Likelihood Estimation      |                     |           |                       |                            |                   |        |          |        |        |
|                                    |                     | Standard  | Error                 | t Value                    | Pr >  t           | Lag    | Variable | Shift  |        |
| Parameter                          | Estimate            |           |                       |                            |                   |        |          |        |        |
| MU                                 | 31403.3             |           | 6608.7                | 4.76                       | <.0001            | 0      | y        | 0      |        |
| MA1,1                              | -0.47722            |           | 0.08893               | -5.37                      | <.0001            | 2      | y        | 0      |        |
| AR1,1                              | 0.53898             |           | 0.06148               | 8.64                       | <.0001            | 1      | y        | 0      |        |
| AR1,2                              | 0.19033             |           | 0.05545               | 3.43                       | <.0006            | 3      | y        | 0      |        |
| AR1,3                              | 0.23746             |           | 0.06619               | 3.59                       | <.0003            | 11     | y        | 0      |        |
| AR1,4                              | 0.48680             |           | 0.07959               | 6.12                       | <.0001            | 23     | y        | 0      |        |
| AR1,5                              | -0.53280            |           | 0.08004               | -6.66                      | <.0001            | 24     | y        | 0      |        |
| NUM1                               | -7508.8             |           | 1132.9                | -6.62                      | <.0001            | 0      | M1       | 0      |        |
| NUM2                               | -13082.4            |           | 1494.7                | -8.75                      | <.0001            | 0      | M2       | 0      |        |
| NUM3                               | -9868.8             |           | 1649.4                | -5.98                      | <.0001            | 0      | M3       | 0      |        |
| NUM4                               | -10886.6            |           | 1442.0                | -7.55                      | <.0001            | 0      | M4       | 0      |        |
| NUM5                               | -8495.3             |           | 1147.2                | -7.41                      | <.0001            | 0      | M5       | 0      |        |
| NUM6                               | -10381.0            |           | 875.28715             | -11.86                     | <.0001            | 0      | M7       | 0      |        |
| NUM7                               | -2184.7             |           | 1049.7                | -2.08                      | 0.0374            | 0      | M9       | 0      |        |
| NUM8                               | -4125.0             |           | 1078.2                | -3.83                      | 0.0001            | 0      | M10      | 0      |        |
| NUM9                               | -6806.6             |           | 1016.4                | -6.70                      | <.0001            | 0      | M11      | 0      |        |
| NUM10                              | -34962.8            |           | 3027.4                | -11.55                     | <.0001            | 0      | C1       | 0      |        |
| NUM11                              | 16528.8             |           | 2168.3                | 7.65                       | <.0001            | 0      | C2       | 0      |        |
| NUM12                              | 5158.5              |           | 2147.6                | 2.40                       | 0.0165            | 0      | C3       | 0      |        |
| NUM13                              | 7843.5              |           | 2232.8                | 3.51                       | 0.0004            | 0      | C4       | 0      |        |
| NUM14                              | 12793.0             |           | 2797.0                | 4.57                       | <.0001            | 0      | C5       | 0      |        |
| NUM15                              | 43106.1             |           | 2174.1                | 19.83                      | <.0001            | 0      | C6       | 0      |        |
| NUM16                              | 49763.6             |           | 2198.1                | 22.64                      | <.0001            | 0      | C7       | 0      |        |
| NUM17                              | 49953.1             |           | 2292.8                | 21.79                      | <.0001            | 0      | C8       | 0      |        |
| NUM18                              | -6147.0             |           | 2756.0                | -2.23                      | 0.0257            | 0      | C9       | 0      |        |
| NUM19                              | 11200.5             |           | 2288.0                | 4.91                       | <.0001            | 0      | C12      | 0      |        |
| Constant Estimate                  |                     |           |                       |                            | 2739.409          |        |          |        |        |
| Variance Estimate                  |                     |           |                       |                            | 20094780          |        |          |        |        |
| Std Error Estimate                 |                     |           |                       |                            | 4482.72           |        |          |        |        |
| AIC                                |                     |           |                       |                            | 2633.456          |        |          |        |        |
| SBC                                |                     |           |                       |                            | 2708.408          |        |          |        |        |
| Number of Residuals                |                     |           |                       |                            | 132               |        |          |        |        |
| Autocorrelation Check of Residuals |                     |           |                       |                            |                   |        |          |        |        |
| Pr >                               |                     |           |                       |                            |                   |        |          |        |        |
| To                                 | Chi-Square          | DF        | ChiSq                 | -----Autocorrelations----- |                   |        |          |        |        |
| Lag                                |                     |           |                       |                            |                   |        |          |        |        |
| 6                                  | 0                   | 0         |                       | -0.071                     | 0.014             | 0.096  | 0.053    | 0.108  | 0.012  |
| 12                                 | 6.05                | 6         | 0.4177                | 0.024                      | 0.013             | 0.047  | -0.075   | 0.056  | -0.049 |
| 18                                 | 11.87               | 12        | 0.4561                | 0.005                      | 0.007             | 0.024  | -0.108   | -0.021 | 0.158  |
| 24                                 | 17.53               | 18        | 0.4870                | -0.005                     | -0.110            | -0.096 | 0.037    | -0.020 | -0.073 |
| Forecasts for variable y           |                     |           |                       |                            |                   |        |          |        |        |
| Obs                                | Forecast            | Std Error | 95% Confidence Limits |                            |                   |        |          |        |        |
| 133                                | 10425.3727          | 4482.7202 | 1639.4026 19211.3428  |                            |                   |        |          |        |        |
| 134                                | 4261.2982           | 5075.4548 | -5686.4183 14209.0968 |                            |                   |        |          |        |        |
| 135                                | 10269.7216          | 6110.7439 | -1707.1164 22246.5596 |                            |                   |        |          |        |        |
| 136                                | 12033.6126          | 6664.6481 | -1028.8576 25096.0829 |                            |                   |        |          |        |        |
| 137                                | 14587.3629          | 6920.8093 | 1022.8259 28151.8999  |                            |                   |        |          |        |        |
| 138                                | 66090.2485          | 7112.0606 | 52150.8578 80029.6231 |                            |                   |        |          |        |        |
| 139                                | 46761.3731          | 7243.9783 | 32563.4365 60959.3097 |                            |                   |        |          |        |        |
| 140                                | 21261.6727          | 7324.8961 | 6905.1401 35618.2853  |                            |                   |        |          |        |        |
| 141                                | 16859.4964          | 7378.5640 | 2397.7767 31321.2161  |                            |                   |        |          |        |        |
| 142                                | 16562.3893          | 7414.9422 | 2029.3695 31095.4090  |                            |                   |        |          |        |        |
| 143                                | 11684.4089          | 7438.8702 | -2895.5088 26264.3265 |                            |                   |        |          |        |        |
| 144                                | 20517.3738          | 7596.6589 | 5624.2761 35416.4715  |                            |                   |        |          |        |        |
| Tests for Normality                |                     |           |                       |                            |                   |        |          |        |        |
| Test                               | -----Statistic----- |           |                       |                            | -----p Value----- |        |          |        |        |
| Kolmogorov-Smirnov                 | D                   | 0.05088   | Pr > D                |                            | >0.1500           |        |          |        |        |

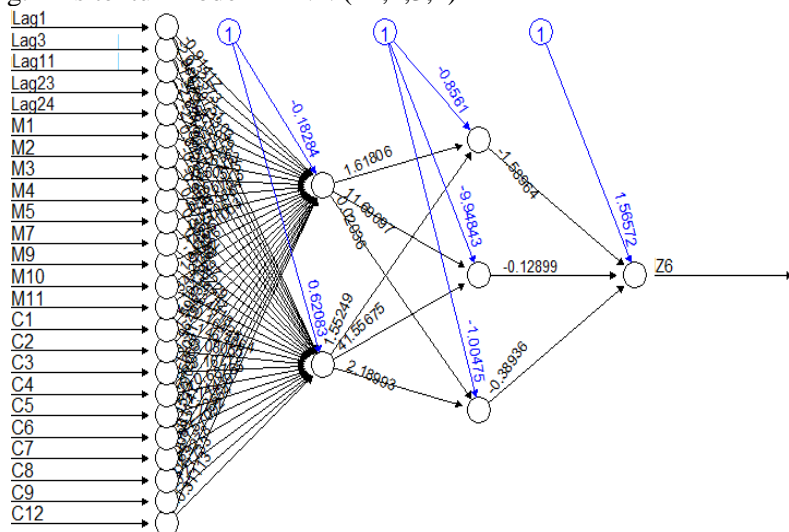
e. Arsitektur Model FFNN (24,1,1)



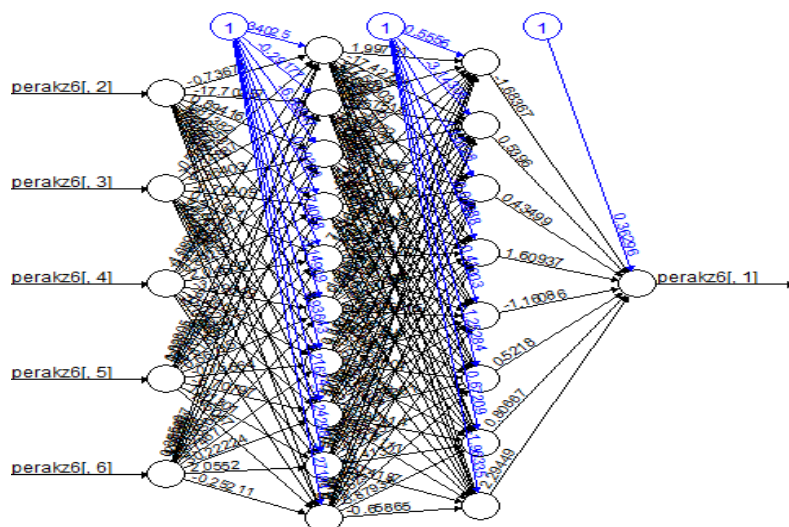
f. Arsitektur Model *hybrid* ARIMAX-FFNN (5,3,1) dan *hybrid* ARIMAX-FFNN (24,1,1)



g. Arsitektur Model DLNN (24,2,3,1)



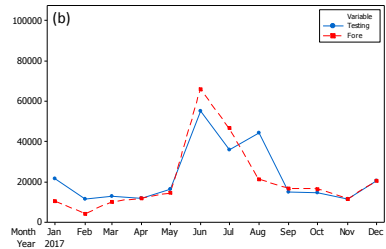
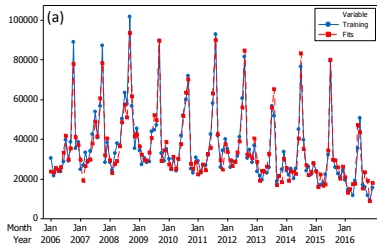
h. Arsitektur Model hybrid ARIMAX-DLNN (5,10,8,1) dan hybrid ARIMAX-DLNN (24,1,8,1)



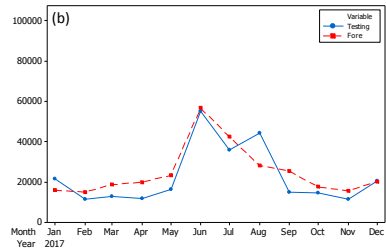
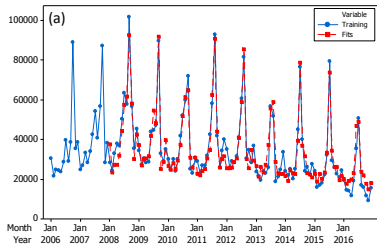


# i. Perbandingan Data *Training* dan Nilai *Fits* (a) serta Data *Testing* dan Ramalan Pada 5 Model

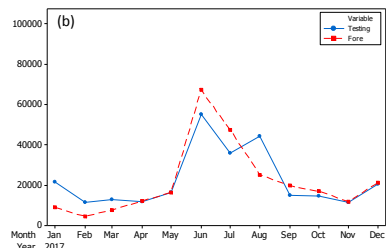
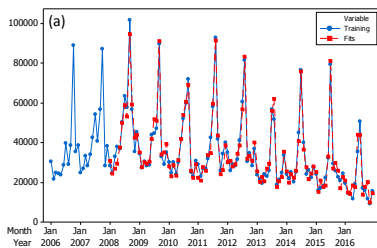
## 1. Model ARIMAX ([1,3,11,23,24],0,[2])



## 2. Model FFNN (24,1,1)

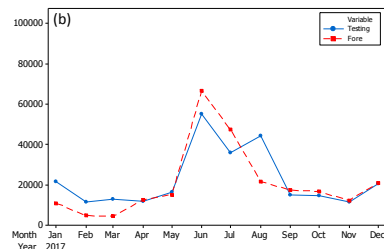
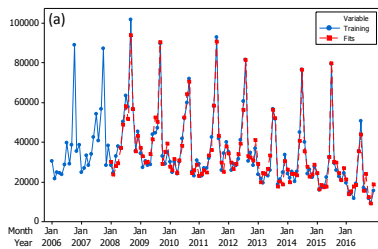


## 3. Model *hybrid* ARIMAX-FFNN (5,3,1)

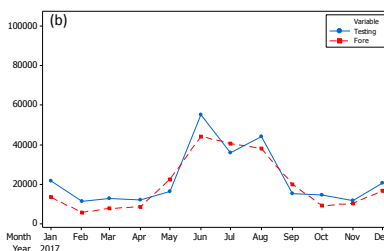
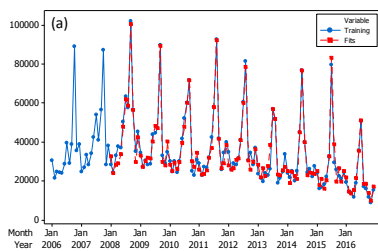
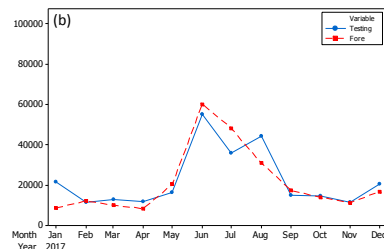
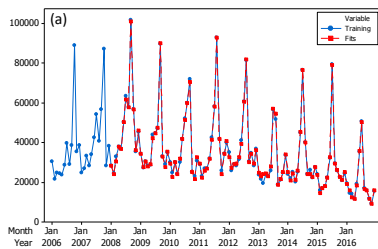


## 4. Model *hybrid* ARIMAX-FFNN (24,1,1)





5. Model DLNN (24,2,3,1)

6. Model *hybrid* ARIMAX-DLNN (5,10,8,1)7. Model *hybrid* ARIMAX-DLNN (24,1,8,1)

## Lampiran 10. Pemodelan Jumlah Barang Dalam Negeri Yang Dibongkar di Pelabuhan Tanjung Perak

### a. Regresi *Time Series*

#### Regression Analysis: Z7 versus D1, D2, ...

The regression equation is

$$\begin{aligned} Z7 = & 434665 + 436049D1 + 327861D2 + 6935D1t - 1229D2t + 207t - 40356M-1 - 42748M-2 - 59302M-3 \\ & - 40662M-4 - 76941M-5 - 63782M-6 - 44918M-7 + 16405M-8 - 9935M-9 - 5465M-10 - 7459M-11 \\ & + 3305L1(t-1) + 54638L2(t-1) + 68441L3(t-1) + 312496L4(t-1) - 104383L1(t) - \\ & 147760L2(t) - 11900L3(t) + 50756L4(t) - 47544L1(t+1) - 11421L2(t+1) - 94409L3(t+1) - \\ & 86421L4(t+1) \end{aligned}$$

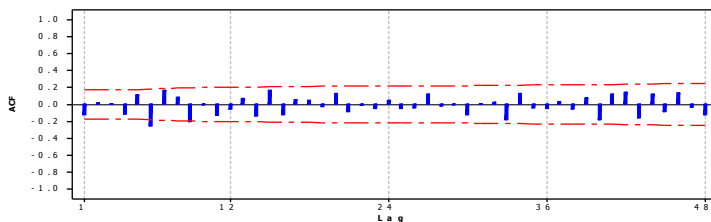
| Predictor | Coef    | SE Coef | T     | P     |
|-----------|---------|---------|-------|-------|
| Constant  | 434665  | 71703   | 6.06  | 0.000 |
| D1        | 436049  | 77058   | 5.66  | 0.000 |
| D2        | 327861  | 103336  | 3.17  | 0.002 |
| D1t       | 6935    | 3444    | 2.01  | 0.047 |
| D2t       | -1229   | 1960    | -0.63 | 0.532 |
| t         | 206.7   | 634.6   | 0.33  | 0.745 |
| M-1       | -40356  | 46807   | -0.86 | 0.391 |
| M-2       | -42748  | 46623   | -0.92 | 0.361 |
| M-3       | -59302  | 46455   | -1.28 | 0.205 |
| M-4       | -40662  | 46305   | -0.88 | 0.382 |
| M-5       | -76941  | 46172   | -1.67 | 0.099 |
| M-6       | -63782  | 47615   | -1.34 | 0.183 |
| M-7       | -44918  | 49810   | -0.90 | 0.369 |
| M-8       | 16405   | 51759   | 0.32  | 0.752 |
| M-9       | -9935   | 51703   | -0.19 | 0.848 |
| M-10      | -5465   | 48920   | -0.11 | 0.911 |
| M-11      | -7459   | 47397   | -0.16 | 0.875 |
| L1(t-1)   | 3305    | 81998   | 0.04  | 0.968 |
| L2(t-1)   | 54638   | 69363   | 0.79  | 0.433 |
| L3(t-1)   | 68441   | 66726   | 1.03  | 0.307 |
| L4(t-1)   | 312496  | 67253   | 4.65  | 0.000 |
| L1(t)     | -104383 | 81967   | -1.27 | 0.206 |
| L2(t)     | -147760 | 69391   | -2.13 | 0.036 |
| L3(t)     | -11900  | 67816   | -0.18 | 0.861 |
| L4(t)     | 50756   | 67650   | 0.75  | 0.455 |
| L1(t+1)   | -47544  | 81943   | -0.58 | 0.563 |
| L2(t+1)   | -11421  | 68352   | -0.17 | 0.868 |
| L3(t+1)   | -94409  | 67591   | -1.40 | 0.165 |
| L4(t+1)   | -86421  | 67620   | -1.28 | 0.204 |

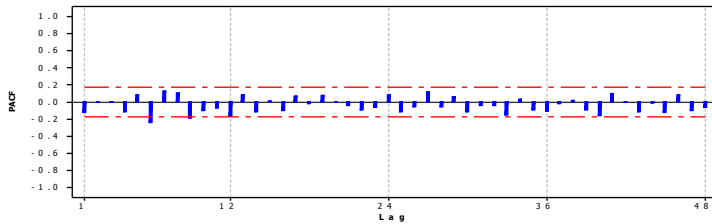
S = 107257 R-Sq = 82.6% R-Sq(adj) = 77.9%

Analysis of Variance

| Source         | DF  | SS          | MS          | F     | P     |
|----------------|-----|-------------|-------------|-------|-------|
| Regression     | 28  | 5.62274E+12 | 2.00812E+11 | 17.46 | 0.000 |
| Residual Error | 103 | 1.18491E+12 | 11503964099 |       |       |
| Total          | 131 | 6.80764E+12 |             |       |       |

### b. Plot ACF dan PACF Residual Regresi *Time Series*





### c. Output Program SAS untuk Model ARIMAX

```

The ARIMA Procedure
Conditional Least Squares Estimation
Standard      Approx
Parameter      Estimate      Error      t Value      Pr > |t|      Lag      Variable      Shift
-----
NUJ              447467.7      55820.5      8.02      <.0001      0      y      0
AR1,1            -0.32361      0.09728      -3.33      0.0012      6      y      0
AR1,2            -0.22419      0.09964      -2.25      0.0266      9      y      0
NUM1             82.69092      433.03045      0.19      0.8489      0      t      0
NUM2            416021.2      55669.5      7.47      <.0001      0      D1      0
NUM3            284178.9      75328.8      3.77      0.0003      0      D2      0
NUM4             8407.5      2857.1      2.94      0.0040      0      D1t      0
NUM5            -523.94960      1460.8      -0.36      0.7206      0      D2t      0
NUM6            -40453.5      49431.7      -0.82      0.4151      0      M1      0
NUM7            -39274.2      49276.1      -0.80      0.4273      0      M2      0
NUM8            -61391.8      51371.7      -1.20      0.2340      0      M3      0
NUM9            -49844.3      48878.1      -1.02      0.3103      0      M4      0
NUM10           -76735.6      48782.6      -1.57      0.1188      0      M5      0
NUM11           -60986.3      60650.6      -1.01      0.3170      0      M6      0
NUM12           -40519.0      52269.3      -0.78      0.4400      0      M7      0
NUM13           29152.2      54098.7      0.54      0.5912      0      M8      0
NUM14           13220.3      55230.8      0.24      0.8113      0      M9      0
NUM15           21740.4      51591.5      0.42      0.6744      0      M10     0
NUM16           -8830.9      50178.1      -0.18      0.8607      0      M11     0
NUM17           -31007.4      77033.2      -0.40      0.6892      0      C1      0
NUM18           44471.7      62460.6      0.71      0.4781      0      C2      0
NUM19           90854.5      60249.3      1.51      0.1347      0      C3      0
NUM20           322223.3      61101.8      5.27      <.0001      0      C4      0
NUM21           -111896.9      77574.5      -1.44      0.1523      0      C5      0
NUM22           -189712.5      62778.5      -3.02      0.0032      0      C6      0
NUM23           -43798.0      61869.4      -0.71      0.4806      0      C7      0
NUM24           18580.9      62448.1      0.30      0.7667      0      C8      0
NUM25           -46950.7      78998.9      -0.59      0.5536      0      C9      0
NUM26           -40595.7      61684.6      -0.66      0.5120      0      C10     0
NUM27           -143906.2      61211.7      -2.35      0.0207      0      C11     0
NUM28           -127094.0      62206.7      -2.04      0.0436      0      C12     0

Constant Estimate      692592.7
Variance Estimate      1.018E10
Std Error Estimate     100885.8
AIC                     3443.006
SBC                     3532.373
Number of Residuals    132
* AIC and SBC do not include log determinant.

Autocorrelation Check of Residuals
To      Chi-      DF      Pr >
Lag      Square
-----
6       2.70      4      0.6092      -0.077      -0.004      -0.082      -0.076      -0.020      -0.029
12      12.64     10     0.2445      0.149      0.034      0.021      -0.099      -0.076      -0.171
18      19.03     16     0.2672      0.093      -0.092      0.107      -0.188      0.010      0.045
24      21.97     22     0.4618      -0.025      0.098      -0.019      -0.040      -0.049      0.062

Tests for Normality
Test      --Statistic--      -----p Value-----
Kolmogorov-Smirnov      D      0.081133      Pr > D      0.0324

```

d. *Output* Program SAS untuk Model ARIMAX setelah dilakukan eliminasi dan penambahan *dummy outlier*.

```

The ARIMA Procedure

Conditional Least Squares Estimation
Standard      Approx
Parameter      Estimate      Error      t Value      Pr > |t|      Lag      Variable      Shift
MU              411954.6      2911.1      141.51      <.0001      0      y      0
PA1,1           0.43526      0.10593      4.11      <.0001      9      y      0
AR1,1           0.19588      0.08337      2.35      0.0207      1      y      0
AR1,2           -0.29217      0.08707      -3.36      0.0011      2      y      0
AR1,3           -0.32207      0.08735      -3.69      0.0004      4      y      0
AR1,4           -0.31407      0.08643      -3.63      0.0004      6      y      0
AR1,5           -0.20321      0.09022      -2.25      0.0264      11     y      0
AR1,6           -0.26523      0.08849      -3.00      0.0034      13     y      0
AR1,7           -0.29362      0.08879      -3.31      0.0013      16     y      0
AR1,8           0.16813      0.09421      1.78      0.0773      24     y      0
NUM1            432797.8      23954.8      18.06      <.0001      0      D1      0
NUM2            251773.0      4802.8       52.42      <.0001      0      D2      0
NUM3            7961.8       1717.9       4.63      <.0001      0      D1t     0
NUM4            102910.6      32418.5      3.17      0.0020      0      C3      0
NUM5            151696.7      41348.4      3.67      0.0004      0      C4      0
NUM6            -171725.7     33496.5      -5.13      <.0001      0      C5      0
NUM7            437812.7     62390.4      7.02      <.0001      0      A067    0
NUM8            203336.6     68643.1      2.96      0.0038      0      A08     0
NUM9            -171188.5     62496.4      -2.74      0.0073      0      A024    0
NUM10           196569.6     63864.2      3.12      0.0024      0      A021    0
NUM11           -241592.3     64590.6      -3.74      0.0003      0      A011    0
NUM12           209619.8     67330.5      3.11      0.0024      0      A0131   0
NUM13           247392.4     67119.0      3.69      0.0004      0      A010    0
NUM14           181123.4     52222.5      3.47      0.0008      0      A054    0
NUM15           -240879.2     59237.3      -4.07      <.0001      0      A04     0
NUM16           187976.5     63119.3      2.98      0.0036      0      A013    0
NUM17           -232686.0     64906.0      -3.58      0.0005      0      A07     0
NUM18           153075.3     56901.1      2.69      0.0083      0      A026    0
NUM19           217349.1     52098.2      4.17      <.0001      0      A080    0

Constant Estimate      958347.5
Variance Estimate      4.1367E9
Std Error Estimate     64317.28
AIC                    3522.752
SBC                    3406.353
Number of Residuals    132
* AIC and SBC do not include log determinant.

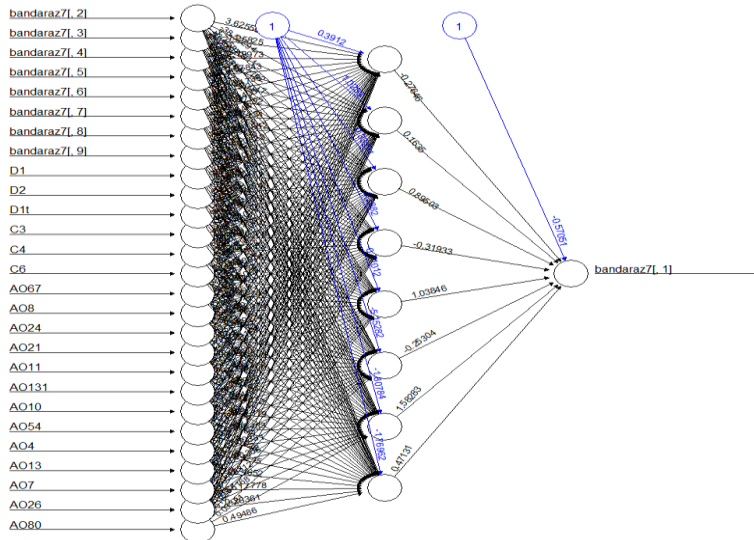
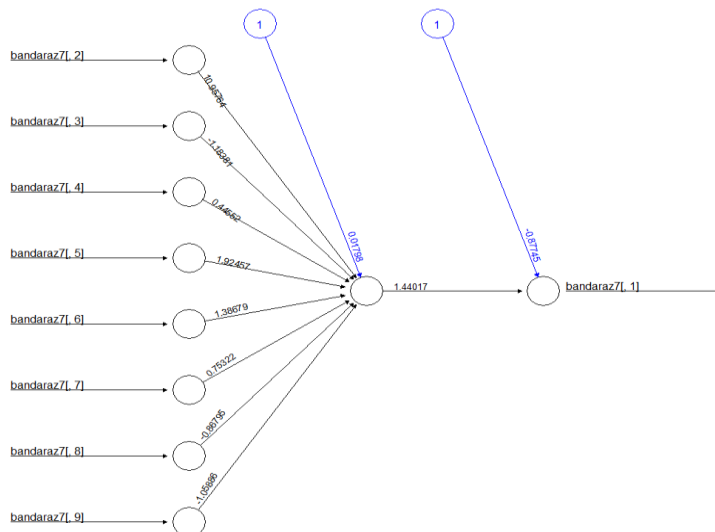
Autocorrelation Check of Residuals
To Chi-Pr>
Lag Square DF ChiSq ----- Autocorrelations-----
6 . 0 . 0.078 -0.045 0.029 -0.030 -0.078 -0.010
12 4.24 3 0.2364 -0.025 -0.028 -0.034 -0.093 0.024 0.048
18 8.54 9 0.4811 0.021 0.124 0.057 -0.009 0.070 0.066
24 11.65 15 0.7050 -0.091 0.074 -0.042 -0.056 -0.012 0.031

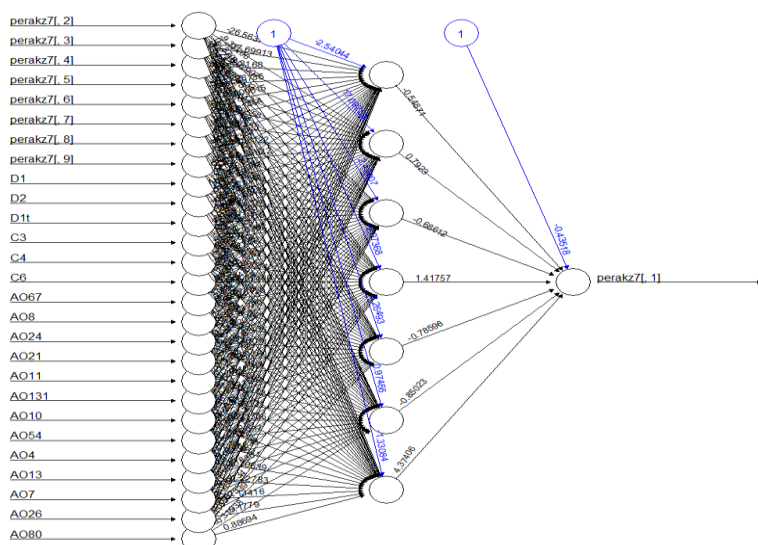
Forecasts for variable y
Obs Forecast Std Error 95% Confidence Limits
133 414513.0 64317.28 288453.4 540572.5
134 373243.3 65539.60 244788.0 501698.5
135 374096.8 67541.85 241717.3 506476.4
136 371258.5 67891.20 238194.2 504322.8
137 385278.4 70858.93 247965.5 522591.4
138 455411.5 70269.46 317685.9 593137.1
139 366192.4 71118.24 226803.2 505581.6
140 447656.3 71155.40 308194.3 587118.3
141 401393.5 72414.75 259463.2 543323.8
142 396513.0 75336.82 240856.4 544171.3
143 470287.2 75342.94 322617.7 617956.6
144 431880.8 75469.18 283963.9 579797.7

Tests for Normality
--Statistic-- --p Value-----
Test D 0.052029 Pr > D >0.1500

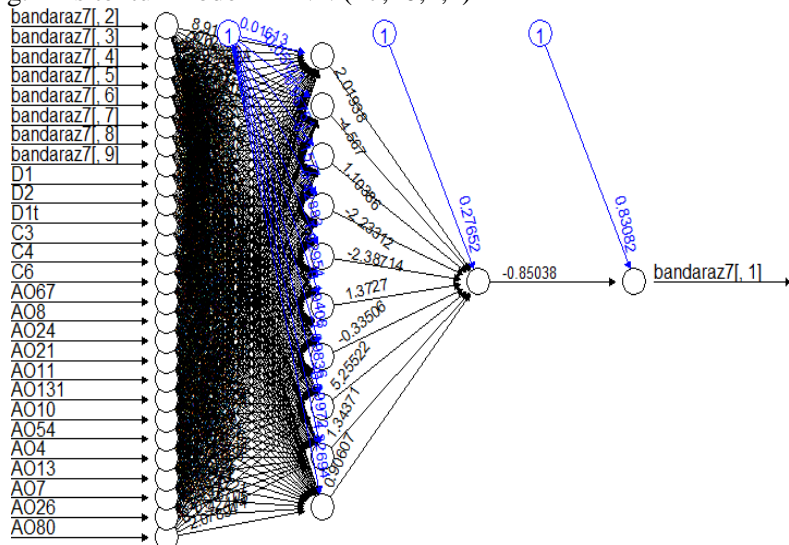
```

## e. Arsitektur Model FFNN (27,8,1)

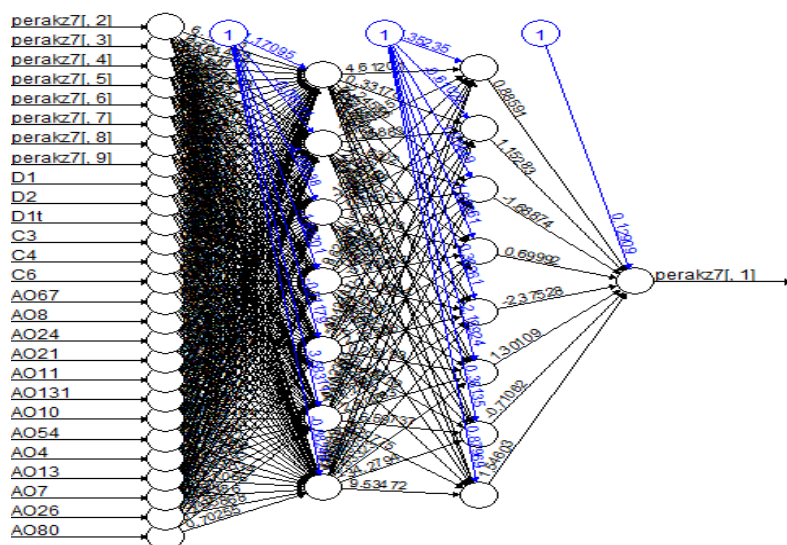
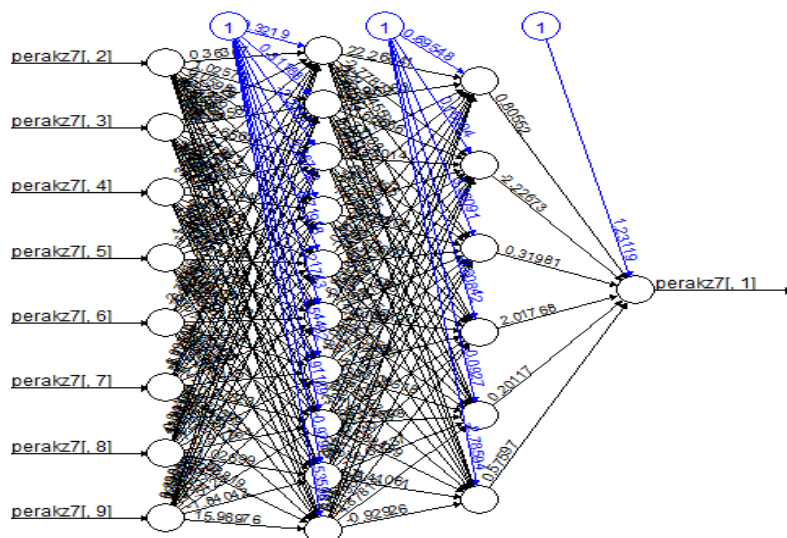
f. Arsitektur Model *hybrid* ARIMAX-FFNN (8,1,1) dan *hybrid* ARIMAX-FFNN (21,8,1)



g. Arsitektur Model DLNN (27,10,1,1)

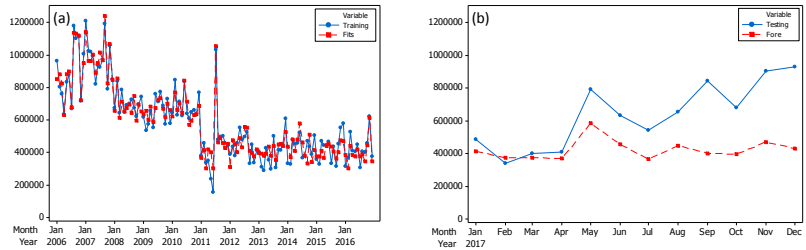


h. Arsitektur Model hybrid ARIMAX-DLNN (8,10,6,1) dan *hybrid ARIMAX-DLNN (27,7,8,1)*

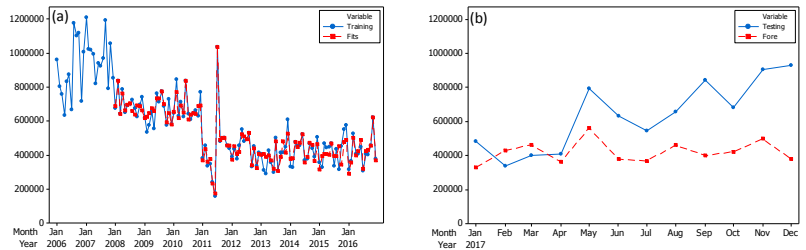


# i. Perbandingan Data *Training* dan Nilai *Fits* (a) serta Data *Testing* dan Ramalan Pada 5 Model

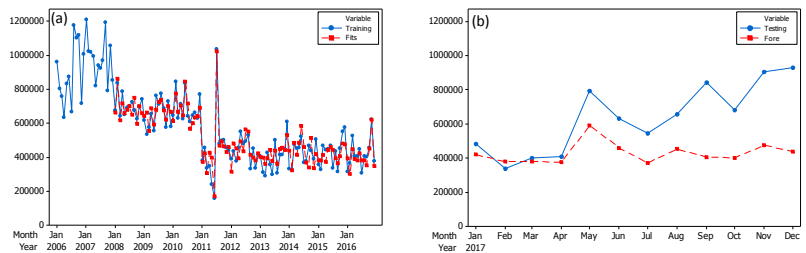
## 1. Model ARIMAX ([1,2,4,6,11,13,16,24],[9])



## 2. Model FFNN (27,8,1)

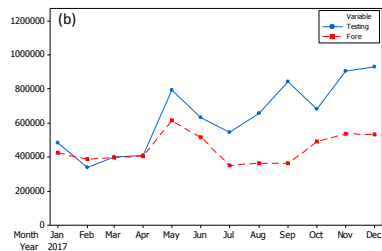
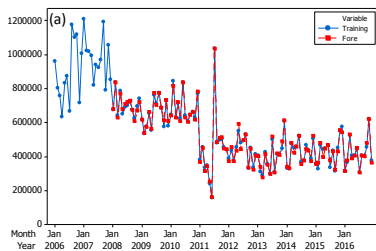


## 3. Model *hybrid* ARIMAX-FFNN (8,1,1)

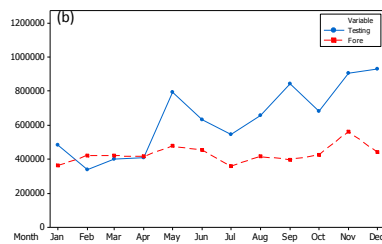
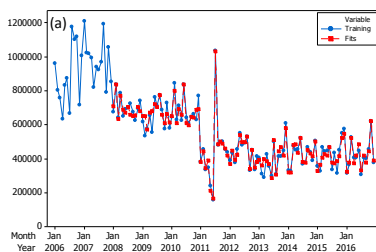
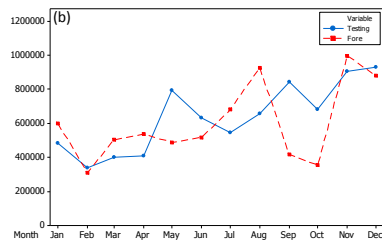
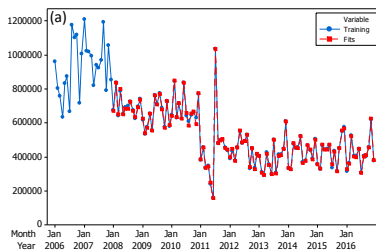
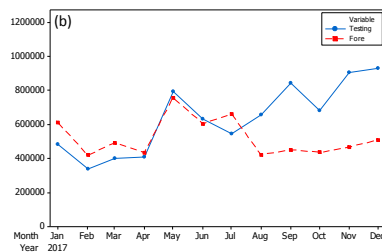
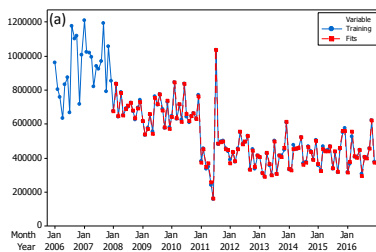


## 4. Model *hybrid* ARIMAX-FFNN (27,7,1)



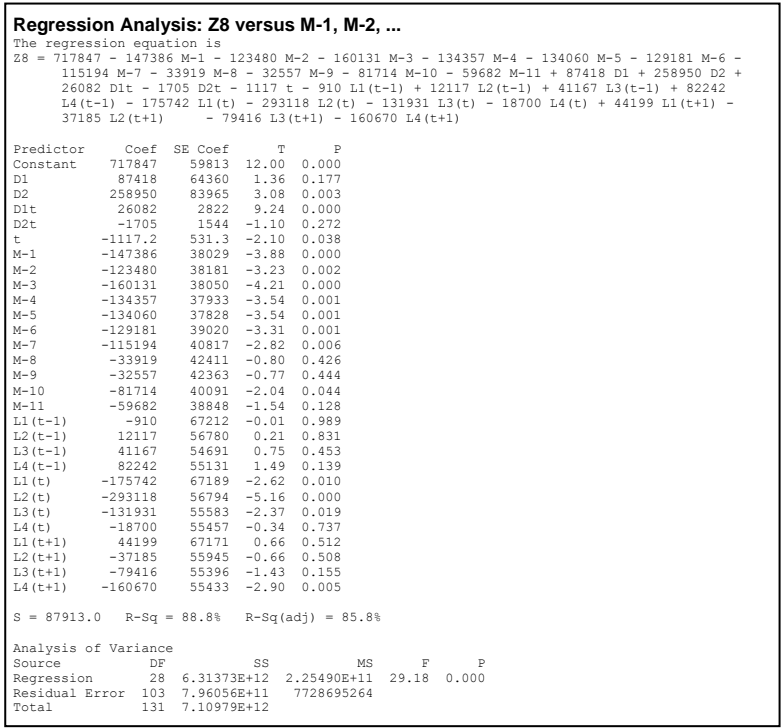


5. Model DLNN (27,10,1,1)

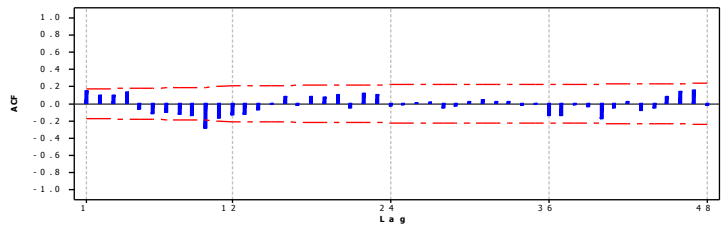
6. Model *hybrid* ARIMAX-DLNN (8,10,6,1)7. Model *hybrid* ARIMAX-DLNN (27,7,8,1)

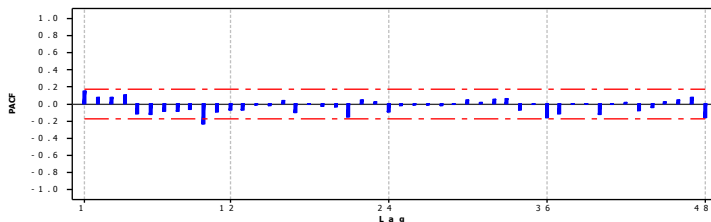
Lampiran 11. Pemodelan Jumlah Barang Dalam Negeri Yang Dimuat di Pelabuhan Tanjung Perak

a. Regresi *Time Series*



b. Plot ACF dan PACF Residual Regresi *Time Series*





### c. Output Program SAS untuk Model ARIMAX

```

The ARIMA Procedure
WARNING: The Marquardt direction (approximate Hessian) matrix is singular. The singularity was detected for the row
corresponding to the NUM17 parameter.
WARNING: The cross products matrix used to approximate the correlations of the estimates is singular after the estimation process
has terminated.

Conditional Least Squares Estimation
Approx
Parameter      Estimate      Error      t Value      Pr > |t|      Lag      Variable      Shift
-----
MU              561992.2      49083.9      11.45      <.0001      0        y              0
AR1,1           -0.21444      0.10228      -2.10      0.0385      8        y              0
AR1,2           -0.26597      0.10086      -2.64      0.0097      10       y              0
NUM1            -1035.7      399.68384     -2.59      0.0110      0        t              0
NUM2            75516.9      52149.2      1.45      0.1507      0        D1             0
NUM3            266304.3     66536.0      4.00      0.0001      0        D2             0
NUM4            27844.3      2705.3      10.29     <.0001      0        D1t            0
NUM5            -1832.5      1274.5      -1.44      0.1536      0        D2t            0
NUM6            109.69915     39498.0      0.00      0.9978      0        M1             0
NUM7            27507.9      43827.7      0.63      0.5317      0        M2             0
NUM8            -7370.5      39368.9     -0.19      0.8519      0        M3             0
NUM9            15129.2      42076.5      0.36      0.7199      0        M4             0
NUM10           17674.4      39130.2      0.45      0.6525      0        M5             0
NUM11           25179.2      37298.4      0.68      0.5012      0        M6             0
NUM12           31106.8      42499.6      0.73      0.4659      0        M7             0
NUM13           95917.3      45215.4      2.12      0.0363      0        M8             0
NUM14           90919.7      42520.5      2.14      0.0349      0        M9             0
NUM15           56604.3      45183.8      1.25      0.2132      0        M10            0
NUM16           73400.5      39757.5      1.85      0.0678      0        M11            0
NUM17           139080.6      0          Infy      <.0001      0        C1             0
NUM18           -19226.1      66859.2     -0.29      0.7743      0        C2             0
NUM19           20196.4      54788.9      0.37      0.7132      0        C3             0
NUM20           21610.0      53635.7      0.40      0.6879      0        C4             0
NUM21           90107.7      54604.5      1.65      0.1020      0        C5             0
NUM22           -212673.4     67226.0     -3.16      0.0021      0        C6             0
NUM23           -260202.7     55046.0     -4.73     <.0001      0        C7             0
NUM24           -111089.9     54426.8     -2.04      0.0439      0        C8             0
NUM25           -29685.7      54714.7     -0.54      0.5886      0        C9             0
NUM26           34672.5      66669.5      0.52      0.6042      0        C10            0
NUM27           -28695.8      53609.0     -0.54      0.5936      0        C11            0
NUM28           -34864.0      54406.5     -0.64      0.5231      0        C12            0

Constant Estimate      831980.4
Variance Estimate      7.6028E9
Std Error Estimate     87194.12
AIC                    3404.501
SBC                    3493.868
Number of Residuals    132
* AIC and SBC do not include log determinant.

Autocorrelation Check of Residuals
To      Chi-      Pr >
Lag      Square    DF      ChiSq      -----Autocorrelations-----
6        2.75      4      0.6011      0.038      0.013      -0.001      0.077      -0.071      -0.085
12       7.74      10     0.6546      -0.056     -0.007     -0.050     -0.007     -0.144     -0.088
18      10.32     16     0.8496     -0.071     -0.076     -0.027     -0.007     -0.073     -0.017
24      14.03     22     0.9085      0.032      0.005      -0.035      0.076      0.119     -0.028

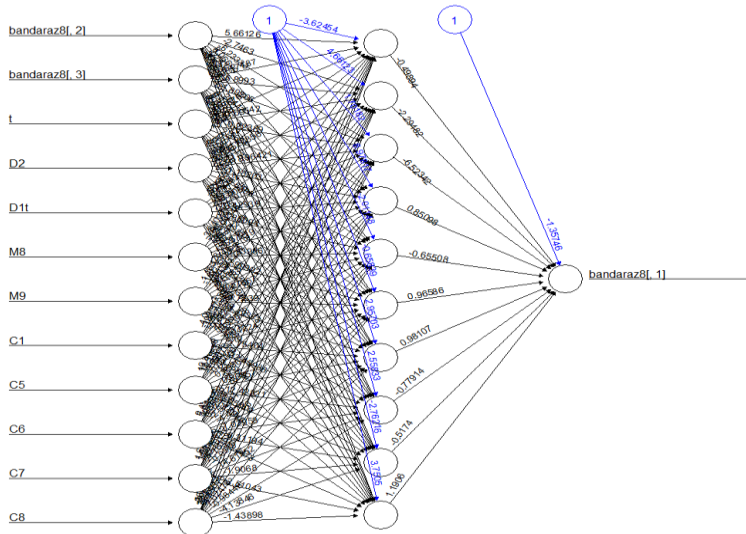
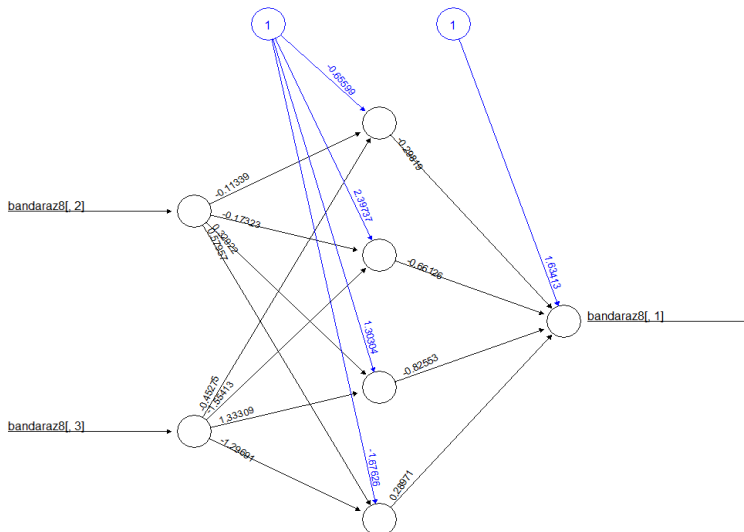
Tests for Normality
Test      --Statistic--      -----p Value-----
Kolmogorov-Smirnov      D      0.078331      Pr > D      0.0458

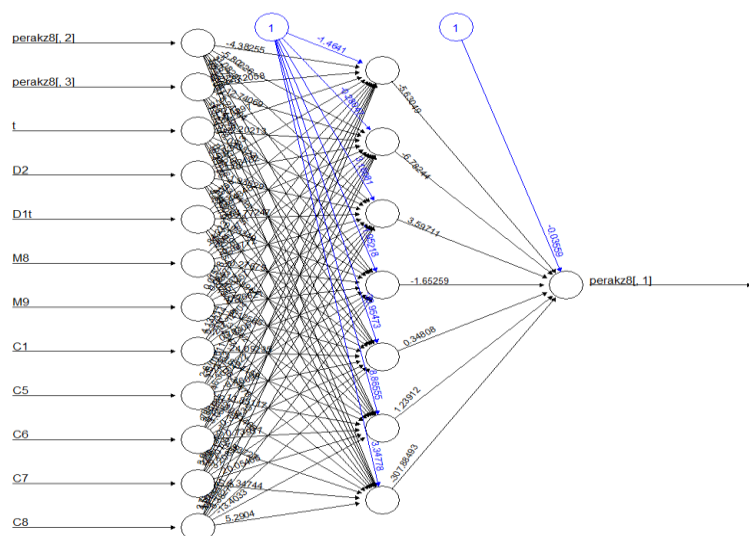
```

d. *Output* Program SAS untuk Model ARIMAX setelah dilakukan eliminasi

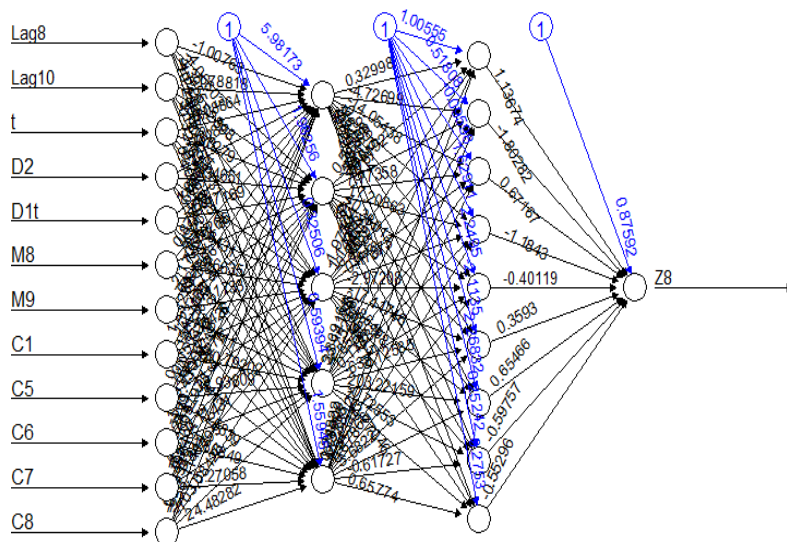
| The ARIMA Procedure                           |               |                   |           |                       |                            |        |          |        |        |
|---|---------------|-------------------|-----------|-----------------------|----------------------------|--------|----------|--------|--------|
| Conditional Least Squares Estimation          |               |                   |           |                       |                            |        |          |        |        |
| Parameter                                     | Estimate      | Standard Error    | t Value   | Pr >  t               | Approx                     | Lag    | Variable | Shift  |        |
| MU  | 621286.1      | 24728.7           | 25.12     | <.0001                |                            | 0      | y        | 0      |        |
| AR1,1   | -0.20568      | 0.08853           | -2.32     | 0.0219                |                            | 8      | y        | 0      |        |
| AR1,2   | -0.27877      | 0.09322           | -2.99     | 0.0034                |                            | 10     | y        | 0      |        |
| NUM1  | -1396.5       | 257.05835         | -5.43     | <.0001                |                            | 0      | t        | 0      |        |
| NUM2  | 165276.1      | 17936.8           | 9.21      | <.0001                |                            | 0      | D2       | 0      |        |
| NUM3  | 31218.9       | 1767.9            | 17.66     | <.0001                |                            | 0      | D1t      | 0      |        |
| NUM4  | 73354.1       | 27674.9           | 2.65      | 0.0091                |                            | 0      | M8       | 0      |        |
| NUM5  | 67897.7       | 28794.0           | 2.36      | 0.0200                |                            | 0      | M9       | 0      |        |
| NUM6  | 117801.6      | 27352.0           | 4.31      | <.0001                |                            | 0      | C1       | 0      |        |
| NUM7  | 93677.6       | 49249.0           | 1.90      | 0.0596                |                            | 0      | C5       | 0      |        |
| NUM8  | -170829.7     | 60340.2           | -2.83     | 0.0054                |                            | 0      | C6       | 0      |        |
| NUM9  | -260661.8     | 50097.4           | -5.20     | <.0001                |                            | 0      | C7       | 0      |        |
| NUM10   | -100227.7     | 49143.0           | -2.04     | 0.0436                |                            | 0      | C8       | 0      |        |
| Constant Estimate                             |               |                   |           |                       | 922265.1                   |        |          |        |        |
| Variance Estimate                             |               |                   |           |                       | 7.1704E9                   |        |          |        |        |
| Std Error Estimate                            |               |                   |           |                       | 84678.21                   |        |          |        |        |
| AIC   |               |                   |           |                       | 3382.42                    |        |          |        |        |
| SBC   |               |                   |           |                       | 3419.897                   |        |          |        |        |
| Number of Residuals                           |               |                   |           |                       | 132                        |        |          |        |        |
| * AIC and SBC do not include log determinant. |               |                   |           |                       |                            |        |          |        |        |
| Autocorrelation Check of Residuals            |               |                   |           |                       |                            |        |          |        |        |
| To  | Chi-Square    | DF                | Pr >      | ChiSq                 | -----Autocorrelations----- |        |          |        |        |
| Lag   |               |                   |           |                       |                            |        |          |        |        |
| 6   | 3.23          | 4                 | 0.5197    | 0.007                 | 0.066                      | 0.021  | 0.084    | -0.054 | -0.036 |
| 12  | 6.95          | 10                | 0.7302    | -0.041                | -0.011                     | -0.026 | -0.011   | -0.151 | -0.012 |
| 18  | 9.88          | 16                | 0.8730    | -0.070                | -0.075                     | -0.088 | 0.018    | -0.026 | -0.014 |
| 24  | 13.64         | 22                | 0.9137    | 0.014                 | 0.002                      | -0.041 | 0.083    | 0.120  | -0.003 |
| Forecasts for variable y                      |               |                   |           |                       |                            |        |          |        |        |
|   | Obs           | Forecast          | Std Error | 95% Confidence Limits |                            |        |          |        |        |
|   | 133           | 432746.9          | 84678.21  | 266780.6              | 598713.1                   |        |          |        |        |
|   | 134           | 422584.1          | 84678.21  | 256617.8              | 588550.3                   |        |          |        |        |
|   | 135           | 446224.4          | 84678.21  | 280258.1              | 612190.6                   |        |          |        |        |
|   | 136           | 408119.2          | 84678.21  | 242153.0              | 574085.4                   |        |          |        |        |
|   | 137           | 518944.8          | 84678.21  | 352978.5              | 684911.0                   |        |          |        |        |
|   | 138           | 387044.4          | 84678.21  | 221078.1              | 553010.6                   |        |          |        |        |
|   | 139           | 409911.6          | 84678.21  | 243945.4              | 575877.9                   |        |          |        |        |
|   | 140           | 471309.0          | 84678.21  | 305342.8              | 637275.3                   |        |          |        |        |
|   | 141           | 472373.2          | 86450.78  | 302932.8              | 641813.6                   |        |          |        |        |
|   | 142           | 433264.8          | 86450.78  | 263824.4              | 602705.2                   |        |          |        |        |
|   | 143           | 419596.0          | 89615.56  | 243952.7              | 595239.3                   |        |          |        |        |
|   | 144           | 545995.0          | 89615.56  | 370351.8              | 721638.3                   |        |          |        |        |
| Tests for Normality                           |               |                   |           |                       |                            |        |          |        |        |
| Test  | --Statistic-- | -----p Value----- |           |                       |                            |        |          |        |        |
| Kolmogorov-Smirnov                            | D             | 0.065543          | Pr > D    | >0.1500               |                            |        |          |        |        |

e. Arsitektur Model FFNN (12,10,1)

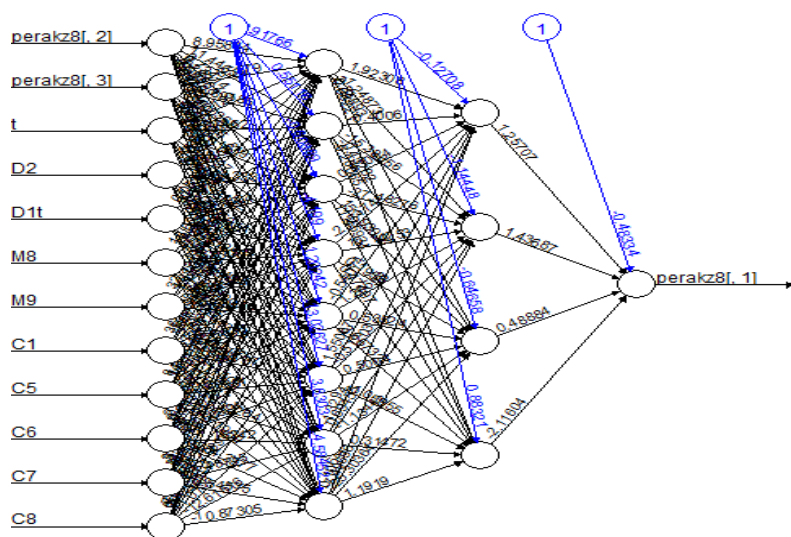
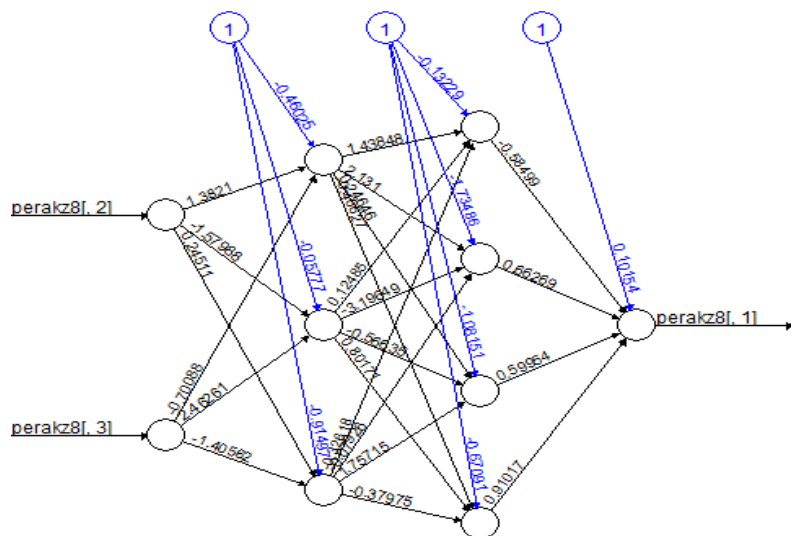
f. Arsitektur Model *hybrid* ARIMAX-FFNN (2,4,1) dan *hybrid* ARIMAX-FFNN (12,7,1)



g. Arsitektur Model DLNN (12,5,9,1)

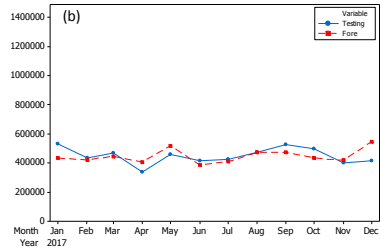
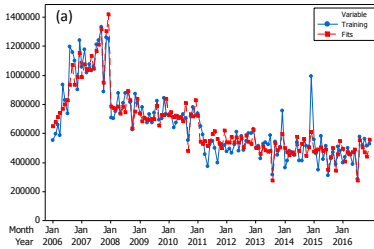


h. Arsitektur Model hybrid ARIMAX-DLNN (2,3,4,1) dan *hybrid ARIMAX-DLNN* (12,8,4,1)

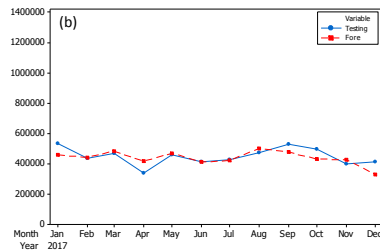
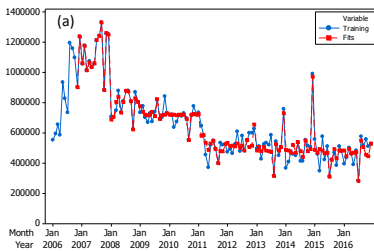


i. Perbandingan Data *Training* dan Nilai *Fits* (a) serta Data *Testing* dan Ramalan Pada 5 Model

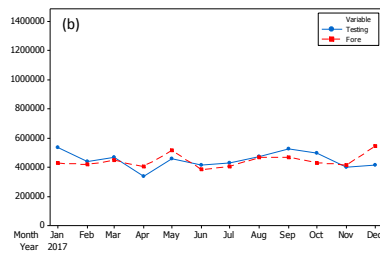
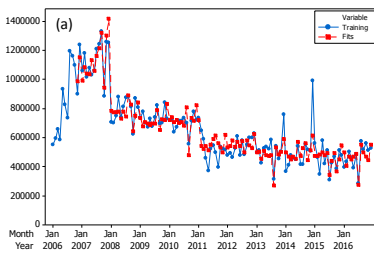
1. Model ARIMAX ([8,10],0,0)



2. Model FFNN (12,10,1)

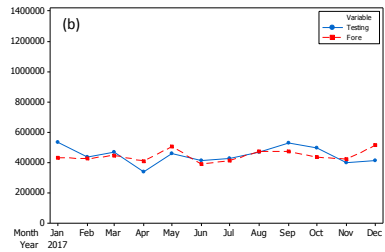
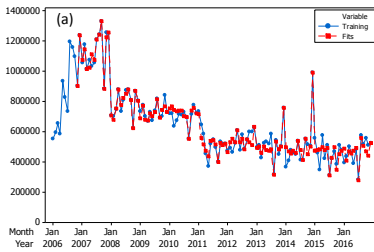


3. Model *hybrid* ARIMAX-FFNN (2,4,1)

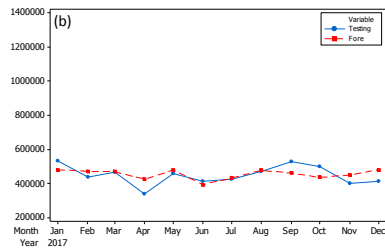
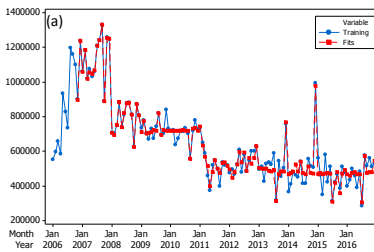


4. Model *hybrid* ARIMAX-FFNN (12,7,1)

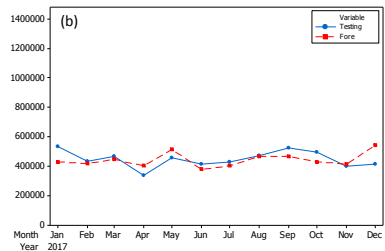
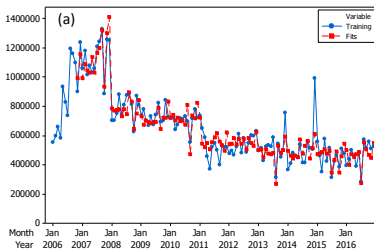




5. Model DLNN (12,5,9,1)



6. Model *hybrid* ARIMAX-DLNN (2,3,4,1)



7. Model *hybrid* ARIMAX-DLNN (12,8,4,1)

**Lampiran 12.** Hasil Uji *White***a.** Jumlah Penumpang dan Barang di Bandar Udara Internasional Juanda

|    | Z <sub>1</sub> |          | Z <sub>2</sub> |          | Z <sub>3</sub> |          | Z <sub>4</sub> |          |
|----|----------------|----------|----------------|----------|----------------|----------|----------------|----------|
|    | <i>F</i>       | <i>p</i> | <i>F</i>       | <i>p</i> | <i>F</i>       | <i>p</i> | <i>F</i>       | <i>p</i> |
| 1  | 0,13           | 0,88     | 4,13           | 0,02     | 0,91           | 0,41     | 0,76           | 0,47     |
| 2  | 2,85           | 0,06     | 3,41           | 0,04     | 0,54           | 0,59     | 1,00           | 0,37     |
| 3  | 0,16           | 0,85     | 0,38           | 0,68     | 1,10           | 0,34     | 1,08           | 0,34     |
| 4  | 2,95           | 0,06     | 1,33           | 0,27     | 0,52           | 0,60     | 2,80           | 0,06     |
| 5  | 2,77           | 0,07     | 2,73           | 0,07     | 0,53           | 0,59     | 1,05           | 0,35     |
| 6  | 0,32           | 0,73     | 2,90           | 0,06     | 1,34           | 0,27     | 1,18           | 0,31     |
| 7  | 0,10           | 0,90     | 0,84           | 0,44     | 0,83           | 0,44     | 2,02           | 0,14     |
| 8  | 0,32           | 0,73     | 2,07           | 0,13     | 0,20           | 0,82     | 0,61           | 0,55     |
| 9  | 0,38           | 0,68     | 3,94           | 0,02     | 0,01           | 0,99     | 2,34           | 0,10     |
| 10 | 0,31           | 0,73     | 2,13           | 0,12     | 0,60           | 0,55     | 0,37           | 0,69     |

**b.** Jumlah Penumpang dan Barang di Pelabuhan Tanjung Perak

|    | Z <sub>5</sub> |          | Z <sub>6</sub> |          | Z <sub>7</sub> |          | Z <sub>8</sub> |          |
|----|----------------|----------|----------------|----------|----------------|----------|----------------|----------|
|    | <i>F</i>       | <i>p</i> | <i>F</i>       | <i>p</i> | <i>F</i>       | <i>p</i> | <i>F</i>       | <i>p</i> |
| 1  | 0,49           | 0,61     | 7,52           | 0,00     | 0,21           | 0,81     | 2,09           | 0,13     |
| 2  | 4,79           | 0,01     | 7,61           | 0,00     | 0,11           | 0,90     | 0,23           | 0,80     |
| 3  | 0,77           | 0,47     | 2,90           | 0,06     | 0,08           | 0,92     | 1,20           | 0,31     |
| 4  | 1,84           | 0,16     | 4,08           | 0,02     | 3,96           | 0,02     | 1,15           | 0,32     |
| 5  | 4,19           | 0,02     | 8,90           | 0,00     | 0,45           | 0,64     | 0,21           | 0,81     |
| 6  | 3,55           | 0,03     | 0,45           | 0,64     | 0,73           | 0,49     | 2,53           | 0,08     |
| 7  | 4,45           | 0,01     | 3,70           | 0,03     | 1,48           | 0,23     | 1,00           | 0,37     |
| 8  | 1,13           | 0,33     | 9,90           | 0,00     | 1,39           | 0,25     | 0,35           | 0,70     |
| 9  | 0,26           | 0,77     | 3,23           | 0,04     | 0,26           | 0,77     | 1,25           | 0,29     |
| 10 | 0,96           | 0,39     | 1,24           | 0,29     | 3,99           | 0,02     | 2,72           | 0,07     |

### Lampiran 13. *Syntax* Program R untuk peramalan dengan model DLNN

```

install.packages("neuralnet")
install.packages("tseries")
install.packages("forecast")
library(neuralnet)
library(tseries)
library(forecast)

x<-read.csv("D://BELLA/Z1.csv",header = TRUE)
zt<-as.ts(x)
z1t.std<-(zt[,1]-min(zt[,1]))/(max(zt[,1])-min(zt[,1]))

lagz1<-c(2,10,12,16,17,23,24,25)
maxlag<-max(lagz1)
laginput<-matrix(NA,(length(z1t.std)-maxlag),length(lagz1))
  for (j in 1:length(lagz1)){
    laginput[,j]<-z1t.std[(maxlag-lagz1[j]+1):(length(z1t.std)-lagz1[j])]
  }
head(laginput)

bandaraz1<-data.frame(cbind(z1t.std[(maxlag+1):length(z1t.std)],laginput,
  zt[(maxlag+1):length(z1t.std),-1]))
head(bandaraz1)

n_fore=12
dummy1<-zt[(maxlag+1):length(z1t.std),-1]
set.seed(1)
best.model<-neuralnet(bandaraz1[,1]~bandaraz1[,2]+bandaraz1[,3]+bandaraz1[,4]+
  bandaraz1[,5]+bandaraz1[,6]+bandaraz1[,7]+bandaraz1[,8]+
  bandaraz1[,9]+D1+D2+D3+D1t+D3t+t+M2+M3+M4+M7+C1+C2+C7+C8
  +C10+C12,data=bandaraz1,hidden=c(2,1),stepmax = 1e+08,
  rep=10,act.fct="logistic",linear.output = TRUE,likelihood=TRUE)
plot(best.model, rep="best")
koef<-best.model$weights[which.min(best.model$result.matrix[1,])]

ytest<-c(bandaraz1[,1],rep(0,n_fore))
  for (l in ((length(bandaraz1[,1])-12):(length(bandaraz1[,1]))))
  {
    dummytest<-t(as.matrix(dummy1[l,]))
    lagtest<-matrix(0,1,length(lagz1))
      for (m in 1:length(lagz1)){
        lagtest[[m]]<-ytest[(l-lagz1[m])]
      }
    inputTest<-cbind(lagtest,dummytest)
    ytest[l+13]<-compute(best.model,covariate=inputTest,
      rep = which.min(best.model$result.matrix[1,]))$net.result
  }

```

### Lampiran 13. Syntax Program R untuk peramalan dengan model DLNN (Lanjutan)

```
fits<-round(unlist(best.model$net.result[which.min(best.model$result.matrix[1,])]*
  (max(zt[,1])-min(zt[,1]))+min(zt[,1])))
fore<-round(ytest[(length(bandaraz1[,1])+1):(length(bandaraz1[,1])+n_fore)]*
  (max(zt[,1])-min(zt[,1]))+min(zt[,1])))
hasil<-c(fits,fore)
write.csv(hasil,"hasilz1.csv")
```

### Lampiran 14. Syntax Program R untuk peramalan dengan model *hybrid* ARIMAX-DLNN

```
library(neuralnet)
library(tseries)
library(forecast)

x<-read.csv("D:/BELLA/Z7hybridFORE.csv",header = TRUE)
zt<-as.ts(x)
at<-zt[,1]-zt[,2]
at.norm<-(at-min(at))/(max(at)-min(at))

lagz7<-c(1,2,4,6,11,13,16,24)
maxlag<-max(lagz7)
laginput<-matrix(NA,(length(at.norm)-maxlag),length(lagz7))
  for (j in 1:length(lagz7)){
    laginput[,j]<-at.norm[(maxlag-lagz7[j]+1):(length(at.norm)-lagz7[j])]
  }
head(laginput)
perakz7<-data.frame(cbind(at.norm[(maxlag+1):length(at.norm)],laginput))
head(perakz7)

n_fore=12
set.seed(1)
best.model<-neuralnet(perakz7[,1]~perakz7[,2]+perakz7[,3]+perakz7[,4]+perakz7[,5]
  +perakz7[,6]+perakz7[,7]+perakz7[,8]+perakz7[,9],data=perakz7,
  hidden=c(10,6),stepmax = 1e+08,rep=10,act.fct="logistic",
  linear.output = TRUE,likelihood=TRUE)
plot(best.model, rep="best")
koef<-best.model$weights[which.min(best.model$result.matrix[1,])]
```

### Lampiran 14. Syntax Program R untuk peramalan dengan model *hybrid* ARIMAX-DLNN (Lanjutan)

```

ytest<-c(perakz7[,1],rep(0,n_fore))
for (l in ((length(perakz7[,1])+1):length(ytest)))
{
  lagtest<-matrix(0,1,length(lagz7))
  for (m in 1:length(lagz7)){
    lagtest[[m]]<-ytest[(l-lagz7[m])]
    ytest[l]<-compute(best.model,covariate=lagtest,
                     rep = which.min(best.model$result.matrix[1,]))$net.result
  }

  fits<-zt[(maxlag+1):length(zt[,1]).2]
  +unlist(best.model$net.result[which.min(best.model$result.matrix[1,]))*
    (max(at)-min(at))+min(at)
  fore<-ytest[(length(perakz7[,1])+1):(length(perakz7[,1])+n_fore)]*
    (max(at)-min(at))+min(at)
  hasil<-c(fits,fore)

  write.csv(hasil,"hasil7_hybrid.csv")

```

**Lampiran 14. Surat Pernyataan Data Tugas Akhir****SURAT PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, mahasiswa Departemen Statistika FKMSD ITS:

Nama : Bella Puspa Dewani

NRP : 062116 4500 0024

menyatakan bahwa data yang digunakan dalam Tugas Akhir/ Thesis ini merupakan data sekunder yang diambil dari ~~penelitian/buku/~~ Tugas Akhir/ Thesis/publikasi lainnya yaitu:

Sumber : Situs resmi *bps.go.id*

Keterangan :

1. Data Jumlah Penumpang dan Barang di Bandar Udara Internasional Juanda selama periode 2001-2017
2. Data Jumlah Penumpang dan Barang di Pelabuhan Tanjung Perak selama periode 2006-2017

Surat Pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya. Apabila terdapat pemalsuan data maka saya siap menerima sanksi sesuai aturan yang berlaku.

Surabaya, Juli 2018

Mengetahui,  
Pembimbing Tugas Akhir



Dr. Suhartono  
NIP. 19710929 199512 1 001  
\*(coret yang tidak perlu)



Bella Puspa Dewani  
NRP. 062116 4500 0024

## BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Bella Puspa Dewani, kelahiran Banyumas, 15 Februari 1995, anak ketiga dari pasangan Bapak Darmawan dan Ibu Sri Heniwati S. Penulis menempuh pendidikan formal di SD Kristen Sokaraja, SMP Negeri 1 Sokaraja, SMA Negeri 1 Purwokerto, D3 Departemen Statistika Bisnis ITS dan melanjutkan perkuliahan hingga Sarjana melalui Lintas

Jalur di Departemen Statistika ITS. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Lintas Jalur Departemen Statistika FMKSD ITS angkatan 2016 dengan NRP 062116 4500 0024. Penulis pernah tergabung pada kepengurusan Persekutuan Mahasiswa Kristen (PMK) ITS 2016/2017 di Divisi Pemuridan. Penulis memiliki ayat Alkitab yang selalu menjadi penyemangat, terambil dari 1 Korintus 15:58 yang berbunyi “Karena itu, saudara-saudaraku yang kekasih, berdirilah teguh, jangan goyah, dan giatlah selalu dalam pekerjaan Tuhan! Sebab kamu tahu, bahwa dalam persekutuan dengan Tuhan jerih payahmu tidak sia-sia.” Akhir kata, apabila pembaca memiliki saran, kritik atau diskusi yang berhubungan mengenai tugas akhir atau hal lain dapat menghubungi email : belladewani@gmail.com.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*